Aus dem Tropenmedizinischen Institut
der Universität Tübingen
Kommissarischer geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. W. Höfler

DIE REGIONALE SCHWEISSPRODUKTION BEI VERSCHIEDENEN BELASTUNGSBEDINGUNGEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER AKKLIMATISATIONSDAUER

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
(Theoretische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
SEYED SCHAMSEDDIN MUSSAWIAN
aus Abadan/Iran

1986

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543904_0109

Aus dem Tropenmedizinischen Institut
der Universität Tübingen
Kommissarischer geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. W. Höfler

DIE REGIONALE SCHWEISSPRODUKTION BEI VERSCHIEDENEN BELASTUNGSBEDINGUNGEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER AKKLIMATISATIONSDAUER

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
(Theoretische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
SEYED SCHAMSEDDIN MUSSAWIAN
aus Abadan/Iran

1986

Dekan:	Professor Dr. med. M. Siess
1. Berichterstatter:	Professor Dr. med. W. Höfler, Tübingen
2. Berichterstatter:	Professor Dr. med. H. G. Wenzel, Dortmund
3. Berichterstatter:	Professor Dr. med. M. Marshall, München

Druck: Zeeb-Druck, Tübingen 7 (Hagelloch)

INHALTSVERZEICHNIS

I. Einleitung und Fragestellung S. 1

II. Versuchsaufbau und Methoden S. 4

1. Benutzte Geräte und Material S. 4
2. Zeitlicher Ablauf des Akklimatisationsversuchs und Anordnung der Belastungsbedingungen S. 5
3. Methoden der Schweißbestimmung S. 6

III. Ergebnisse und Interpretation S. 13

1. Vergleich der integralen Schweißmenge mit dem Gewichtsverlust S. 13
2. Zeitliche Entwicklung der Schweißraten S. 19
3. Die zeitliche Entwicklung der regionalen Schweißproduktion während der Akklimatisation S. 29
4. Die Effekte der Akklimatisation in bezug auf die Schweißraten bei Versuchsbedingung 1 und 2 S. 38

IV. Diskussion S. 42

V. Zusammenfassung S. 44

VI. Literaturverzeichnis S. 45

VII. Anhang S. 49

I. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Die vorliegende Arbeit ist Teil einer Reihe empirischer Untersuchungen der Anpassungs- und Umstellungsprozesse des menschlichen Körpers, die einsetzen, wenn er körperlicher Arbeit unter Hitzebelastung ausgesetzt wird.

Diese Vorgänge führen dazu, daß die anfänglich beobachtbaren Streßerscheinungen (wie etwa erhöhte Pulsfrequenz, erhöhte Rectaltemperatur) allmählich abgebaut werden und die volle Leistungsfähigkeit des menschlichen Körpers unter den neuen Bedingungen wieder hergestellt wird.

Ein Indiz für die zunehmende Akklimatisation ist das Wiederabsinken der Haut- und Kerntemperatur und der Elektrolyt-Konzentration im Schweiß bei gleichbleibender Hitzebelastung, bzw. Hitzearbeit. (Vgl. hierzu HÖFLER 1968a)

Wie bewerkstelligt der Körper das Problem der Wärmeabgabe, wenn die Umgebung durch heißes oder feuchtheißes Klima bestimmt ist?

Welche Prozesse vollziehen sich während der Akklimatisation?

Lassen sich hinsichtlich einfach meßbarer Merkmale Unterschiede vor und nach der Akklimatisation feststellen?

Wie wirken unterschiedliche Arbeitsbelastungen?

Der zentrale körpereigene Mechanismus, der hier betrachtet werden muß, ist die Schweißsekretion.

Die Veränderung der absoluten Menge der Schweißabsonderung im Zeitablauf und die Temperatur, ab welcher die Schweißsekretion beginnt, waren Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. (Übersicht bei HÖFLER 1968a)

Als typisches Ergebnis gilt die Zunahme der Schweißmenge während der Akklimatisation und ihre Stabilisierung nach erfolgter Anpassung. Die Schwellentemperatur für die Schweißsekretion

sinkt im allgemeinen während der Akklimatisation ab. HÖFLER (1968b) zählt als wohlbekannte Zeichen der Akklimatisation auf: "... improved working ability, increased sweat output, and decreased heart rate, body temperatures, and electrolyte concentration in sweat." (HÖFLER 1968b)

Eine brauchbare Hypothese zum Verständnis der Vorgänge bei der Umstellung und Adaption des menschlichen Körpers an die veränderten klimatischen Bedingungen nimmt eine zunehmende "Ökonomisierung" physiologischer Prozesse an. Dies gilt etwa für den Elektrolyt-Haushalt (s. CONN et al. 1946, HÖFLER 1968a), aber auch für den Wasserhaushalt. Eine Möglichkeit für die bessere Ausnutzung der Schweißproduktion im Dienste der Wärmeabgabe wäre eine stärkere Beteiligung der Extremitäten an der Schweißsekretion, denn für die Größe des Wärmeübergangs durch Konvektion und Verdunstung ist auch die Oberflächenkrümmung der betreffenden Körperteile bestimmend (ASCHOFF 1958). "Deshalb ist die Bedeutung der Extremitäten und der Akren für die konvektive Wärmeabgabe größer als ihrem Anteil an der Körperoberfläche entspricht." (HÖFLER 1968a)

Einen wichtigen Anhaltspunkt für die Veränderung der relativen Beiträge der Körperregionen zur gesamten Schweißabsonderung gibt die Studie von HÖFLER (1968b), in der Regressionen der regionalen Anteile in bezug auf die Zeit aufgrund einer 35-tätigen Akklimatisationsperiode mit 8 Versuchspersonen berechnet wurden. Global betrachtet ist das Ergebnis der Studie:

- der gesamte Schweißoutput nimmt deutlich zu, wozu zunächst der Rumpf am meisten beiträgt,
- während der Akklimatisation wächst der Anteil der Extremitäten, während derjenige von Kopf und Stamm schrumpft.

In die gleiche Richtung weist auch die Studie von HÖFLER/SCHMAUZ (1969), in der die gleichen Prozesse bei natürlicher Akklimatisation untersucht wurden. Auch dort wurde mit Hilfe der armbag-Methode ermittelt, daß der Anteil von Beinen und Armen an der gesamten Schweißsekretion zunimmt. Zum gleichen Ergebnis war schon HÖFLER (1966) gekommen.

Negativ ist in dieser Hinsicht hingegen das Resultat von MBOMBOUE (1970), der die regionalen Anteile bei variierender Belastung bei einem voll-Akklimatisierten bestimmte.

> "Signifikante Unterschiede im prozentualen Beitrag der einzelnen Körperteile zur gesamten Schweißmenge ließen sich weder in Abhängigkeit von der Arbeitsbelastung noch vom Akklimatisationsgrad nachweisen ..." (MBOMBOUE 1970)

MBOMBOUE erklärt dieses seinen Erwartungen widersprechende Ergebnis mit den Besonderheiten der Versuchsperson, sowie mit Schwächen seiner Meßmethodik.

Die Versuchsperson war insofern untypisch, als die Schweißintensität der verschiedenen Körperregionen schon vor der Akklimatisation in etwa gleich war, während normalerweise hierin deutliche Unterschiede vor der Akklimatisation zu beobachten sind (was auch bei unserer Versuchsperson der Fall war).

Die Meßmethode hielt MBOMBOUE insofern für problematisch, als nicht während, sondern nach der Arbeit die geschwitzte Menge bestimmt wurde.

Dieses führe seiner Meinung nach zu Verfälschungen, "... da beim Akklimatisierten - im Gegensatz zum Unakklimatisierten - die Schweißproduktion sehr rasch nach dem Ende der Muskelarbeit aufhört" (MBOMBOUE 1970).

Die vorliegende Arbeit versucht, weitere empirische Evidenz zur Frage der regionalen Verteilung der Schweißproduktion in Abhängigkeit von der Akklimatisationsdauer unter verschiedenen Belastungsbedingungen zu erarbeiten.

Die Klima- und Arbeitsbelastungs-Bedingungen werden in unserem Versuchsaufbau ähnlich wie im Experiment von MBOMBOUE variiert.

Die Versuche wurden gemeinsam mit HÄNSSLER durchgeführt, der Vp war und einen anderen Ergebniskomplex bearbeitet hat (HÄNSSLER 1973).

II. VERSUCHSAUFBAU UND METHODEN

II.1 Benutzte Geräte und Material

Ort der künstlichen Akklimatisation war eine Klimakammer der Firma Meissner und Wurst, Stuttgart. Die Ausmaße der Kammer sind bei 200 cm Höhe: 230 cm Breite und 360 cm Länge.

Die Messungen wurden von einem Meßpult im Vorraum aus durchgeführt, von wo aus auch die Beobachtung der Versuchsperson durch ein kleines, wärmefest isoliertes Doppelglasfenster zur Klimakammer möglich war.

Die Luftzirkulation wurde durch eine laminare Strömung, die 10 cm über dem Boden der Kammer einströmte, erreicht. Der Luftstrom, der die Kammer zugleich befeuchtete und temperierte, durchquerte die Kammer, stieg an der gegenüberliegenden Wand auf, strömte wieder zur Ausgangswand zurück und konnte durch eine Austrittsöffnung wieder entweichen.

Die Kammer war mit folgenden Geräten und Instrumenten ausgestattet:

1. einem trockenen Widerstandsthermometer zur Messung der Trockentemperaturen in der Kammer, sowie einem befeuchteten, ventilierten Thermometer zur Ermittlung der Feuchttemperaturen; beide gaben die Meßdaten über einen Zweifarbenschreiber in den Vorraum ab;
2. einem Fahrradergometer, verbunden mit einem elektrischen Schrittmacher, damit die Versuchsperson eine gleichbleibende Pedalgeschwindigkeit einhalten konnte. Die zu leistende Arbeit konnte durch entsprechende Einstellung gemäß der Gebrauchsanweisung der Herstellerfirma variiert werden;
3. einer Secca-Dezimalwaage zur Bestimmung der Gewichtsdifferenzen der Versuchsperson;
4. einem Fieberthermometer zur Bestimmung der Rectaltemperatur;
5. Thermoelementen, die mit einem außerhalb der Kammer aufgestellten Gerät (der Elektrolaboratoriet Copenhagen, Type TE 5) in Verbindung standen und mit deren Hilfe die Hauttemperaturen an den verschiedenen Körperstellen bestimmt werden konnten.

6. einem am Ohrläppchen der Versuchsperson zu befestigenden Photoelement, das nach außen hin an einen photoelektrischen Pulszähler angeschlossen war;
7. einem Liegestuhl, den die Versuchsperson während der ersten 30-minütigen Ruhepause und während der Pausen benutzte;
8. einer Gegensprechanlage zwischen Klimakammer und Vorraum.

Zur Bestimmung der lokalen Schweißsekretion an Stirn, rechter Wange und linker Wange fanden plangeschliffene Plexiglasringe und Parafilm-"M"-Folien (American Company) Verwendung. Die Schweißsekretionen der übrigen Körperregionen wurden über Zellstoffvlieswindeln mit entsprechenden Plastikhüllen ermittelt.

II.2 Zeitlicher Ablauf des Akklimatisationsversuchs und Anordnung der Belastungsbedingungen

Der gesamte Versuch war auf 60 Tage konzipiert. Er reichte vom 16. März bis zum 14. Mai. In die gesamte Versuchszeit fielen acht Sonntage und vier sonstige freie Tage.

Das Experiment war in eine Trainingsphase von drei Wochen (darunter sechs freie Tage) und in die Akklimatisationsphase von 39 Tagen (darunter fünf Sonntage und ein versuchsfreier Tag wegen Stromausfalls) gegliedert.

Wie aus dem Schema A hervorgeht, war die Akklimatisationsphase nur von einzelnen, nicht jedoch mehreren hintereinander folgenden Tagen unterbrochen. Hierauf war zu achten wegen des von WENZEL (1961) konstatierten Effekts, daß ein Akklimatisationsverlust schon bei Pausen, die mehr als einen Tag andauern, einsetzt.

Von den eintägigen Sonntagspausen war hingegen kein nachteiliger Effekt zu erwarten: "Eine Unterbrechung von einem Tag stört den Akklimatisationsverlauf nicht, bei sehr hohen Belastungen kann sie sich sogar günstig auswirken." (HÖFLER 1968a)

Eine Übersicht über die verschiedenen Belastungsbedingungen gibt das Schema B. Während der Trainingsphase mußte mit Aus-

nahme von vier Tagen bei Normalklima (20^{o} C) viermal eine Arbeit von 10 mkp/s geleistet werden (Dauer jeweils 50 min). Bedingung 1 war eine leichtere Arbeitsbelastung (6 mkp/s) bei einem schwach feuchtheißen Klima mit einer Effektivtemperatur von 29^{o} C. Bedingung 2 war eine mittelschwere Arbeit (8 mkp/s) in einem trockenheißen Klima.

Die Bedingungen 1 und 2 wurden während der Trainingsphase zweimal, während der Akklimatisationsphase jeweils einmal und nach der Akklimatisationsphase jeweils zweimal durchgeführt. Dies geschah mit der Absicht, die Effekte der Akklimatisation bei diesen Belastungsbedingungen aufzuzeigen, indem die entsprechenden Werte einander gegenübergestellt werden.

Die eigentliche Akklimatisation aber geschah unter den Versuchsbedingungen 3 und 4 , die sich nicht im Klimatyp, sondern nur durch die Länge der Arbeit unterscheiden.

Bei der von uns gewählten Expositionszeit ist nach den Ergebnissen von SCHMOLL (1967) und LAASER (1968) der Prozeß der Akklimatisation nach ca. 2 - 3 Wochen abgeschlossen.

II.3 Methoden der Schweißbestimmung

Es sind zwei Methoden der Schweißmengenbestimmung des menschlichen Körpers grundsätzlich möglich:

- die direkte Methode, die aus dem Gewichtsverlust der Versuchsperson die Schweißproduktion des Gesamtkörpers für eine bestimmte Zeit ermittelt;
- die Methode von WEINER (1945), die an einigen lokalen Meßstellen den in einem bestimmten Zeitintervall abgesonderten Schweiß bestimmt und danach die entsprechenden Werte für die gesamte Körperregion oder für den GEsamtkörper mit Hilfe der Methode von DUBOIS/DUBOIS (1915) hochrechnet.

CHEMA A:

bersicht über den Versuchsablauf in der Zeit (16.3. - 14.5.1970)

Bedingung:

								1			2				1				2	
	0	0	0	0	0				0	0			0				0	0		0
ersuchs-																				
rei X						X	X					X		X	X					
age:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Vortest-Phase unter normalen Bedingungen

edingung:

																4	4	4	4	4
		3	3	3	3	3	3		3	3	3		3	3						
ersuchs-																				
rei X	X							X				X			X					
age:	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
				1. Woche							2. Woche							3. Woche		
											der									

Akklimatisationsphase

edingung:

4	4				4	4	4	4		4	4	4	4	4	4					
3																				
2				2															2	2
1			1														1	1		
0																				
ersuchs-																				
rei X		X							X							X				
age:	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
				4. Woche							5. Woche									
								der												

Akklimatisationsphase

Zwi-
schen-
test

Nachtest

SCHEMA B:

Obersicht über die verschiedenen Belastungsbedingungen

Bedingung	Klimatyp Trocken-/ Feucht-temperatur in Klammern: Effektivtemp.	zu leistende Arbeit mkp/s	Dauer der Arbeits-belastung min	P_4SR	Zahl der Versuchs-tage
0	20^oC	10	4x50		5+2+1+2+1 = 11
1	$33^o/29^o$ $(29^o)C$	6	4x50	1.4	1+1+1+2 = 5
2	$44^o/27^o$ $(31^o)C$	8	4x50	2.8	1+1+1+2 = 5
3	$36^o/31^o$ $(31.5^o)C$	10	100	2.4	6+3+2 = 11
4	$36^o/31^o$ $(31.5^o)C$	10	100 +.2x50	2.4	6+4+6 = 16
Freie Tage					12
Summe der Tage:					60

Beim Vergleich beider Methoden ergibt sich:

Die direkte Methode der Schweißmessung über Gewichtsverlust ist sicher einfacher und weniger stark möglichen Fehlerquellen ausgesetzt als das WEINERsche Verfahren, da nur zwei Meßwerte jeweils abgelesen werden müssen und die Gewichtsbestimmung mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Waage zudem sehr genau möglich ist.

Für die Ermittlung regionaler Schweißproduktion sind wir jedoch auf die direkte Messung des abgesonderten Schweißes angewiesen.

Für unseren Versuchsaufbau benutzten wir deswegen beide Methoden, die Gewichtsverlustmethode, um ein verläßliches Maß für die totale Schweißproduktion zu erhalten, die Methode von WEINER, um Aufschluß über die möglichen Veränderungen des regionalen Schweißausstoßes zu bekommen.

Im folgenden wollen wir zunächst das WEINERsche Schweißbestimmungsverfahren erläutern. Danach soll die durch Summation der regionalen Schweißraten ermittelte "integrale Schweißmenge" mit den verschiedenen (d.h. sich auf unterschiedliche Zeiträume beziehenden) Gewichtsverlusten verglichen werden.

Es erscheint schwer möglich, den gesamten von einer Körperregion (Beine, Arme, Stamm, Kopf) produzierten Schweiß aufzufangen und zu messen. Das WEINERsche Verfahren umgeht diese Schwierigkeit auf folgende Weise:

- es wird angenommen, daß man durch das Mittel aus zwei oder drei regionalen Meßstellen ein repräsentatives Maß für die Schweißintensität der betreffenden Körperregion erhält (Dimension: mg/100cm^2 min);
- nach der Methode von DuBOIS werden die gesamte Körperoberfläche und die Fläche der einzelnen Körperregionen sowie ihr prozentualer Anteil für die betreffende Versuchsperson ermittelt;
- durch die Multiplikation der ermittelten Schweißintensität mit der jeweiligen Körperoberfläche und Umrechnung

in Gramm pro Stunde erhalten wir die Schweißraten;

- durch Summation der regionalen Schweißraten ergibt sich die integrale Schweißmenge (Dimension g/h).

Tabelle 1 zeigt die von uns ausgewählten regionalen Meßpunkte - jeweils drei für Kopf, Stamm und Beine, zwei für die Arme. In den Spalten zwei und drei der Tab. 1 sind die absoluten und die prozentualen Oberflächenanteile der einzelnen Körperregionen unserer Versuchsperson, die wir nach DuBOIS ermittelt haben, eingetragen.

Tabelle 1: Regionale Körperoberflächen der Versuchsperson und Wahl der Meßstellen

Region	Fläche in cm^2: F_i	Proz. Oberflächenanteil: f_i	Meßstellen
1. Kopf	1231	5.7	1.1 Stirn 1.2 re. Wange 1.3 li. Halsseite
2. Stamm	7968	36.9	2.1 Brust re. 2.2 re. Thoraxseite 2.3 Rücken unterhalb des re. Schulterblattes
3. Arme	3807	17.7	3.1 li. Oberarm außen 3.2 li. Unterarm innen
4. Beine	8554	39.7	4.1 li. Obersch. außen 4.2 li. Obersch. innen 4.3 li. Untersch.außen
SUMME	21560	100.0	

Versuchsperson war ein 28-jähriger, 189,5 cm großer Mann von 88,4 kg Körpergewicht.

Die Schweißrate einer Körperregion (in der Dimension g/h) errechnet sich aus der mittleren Schweißintensität einer Region durch Multiplikation mit einem Faktor k_i:

$$SR_i = k_i \cdot SI_i \,, \quad \text{wobei} \quad k_i = \frac{F_i \cdot 0.6}{1000} \quad \text{ist.}$$

(F_i ist der entsprechende Wert für die regionale Körperoberfläche, der aus Tabelle 1 entnommen werden kann.)

Die integrale Schweißmenge IS ergibt sich aus den regionalen Schweißraten wie folgt:

$$IS = \sum_i SR_i$$

Die lokalen Messungen wurden genau während sechs Minuten in der Ruhepause nach der letzten Arbeitsphase durchgeführt.

Vor dem Beginn der Messungen wurden die entsprechenden Körperpunkte sorgfältig abgetrocknet.

Den Eigenarten der Körperregionen entsprechend wurden adäquate Auffangmittel benutzt: am Kopf wurden Plexiglasringe (2 cm tief, 4 cm Durchmesser) verschlossen mit Parafilm-"M"-Folien mit Hilfe von Gummiband befestigt. Am Stamm und an den Extremitäten wurden 10 × 14 cm große rechteckige Zellstoff-Vliswindeln angebracht.

Die Fläche innerhalb der Ringe am Kopf betrug 12.57 cm^2, die der Zellstoffplatten 140 cm^2.

Das Verschließen der Meßstellen geschah der Reihe nach im Abstand von 30 sec, die Zellstoffplatten wurden ebenfalls im Abstand von 30 sec auf die sorgfältig getrockneten Hautstellen angelegt und mit Plastikfolie abgedeckt.

Nach 6 min Meßzeit wurden in den gleichen Abständen und in der entsprechenden Reihenfolge die Folien wieder abgenommen. Der in den Ringen befindliche Schweiß wurde mit Watte abgetupft und in einem Gläschen fest verschlossen.

Die Zellstoffplatten legten wir in Plastikbeutel.

Vor und nach dieser Messungsprozedur wurden Watte und Zellstoffplatten mit hinreichender Genauigkeit ($\pm$ 1 mg) gewogen. Aus der Gewichtsdifferenz, der Messungszeit und der Oberfläche der Platten bzw. der Ringe wurde dann die lokale Schweißintensität berechnet. Das Mittel der verschiedenen lokalen Meßstellen einer Region ergab die mittlere Schweißintensität (Dimension mg/100 cm^2 min) dieser Region.

Zur Stützung der Ergebnisse wurden die aus dem Gewichtsverlust bestimmten Schweißmengen während der Arbeit und der Ruhe nach der letzten Arbeit von 2 weiteren Vp ausgewertet.

Versuchsdaten: Vp H.W. männlich, 25 Jahre, 177 cm, 70 kg.
Klima 36,2/31,2 °C. Arbeit 5 mal 50 min
bei 8 mkp/s.
Ruhe nach der letzten Arbeit 55 min. Versuchsdauer 32 Tage.

Vp H.M. männlich, 24 Jahre, 172 cm, 68 kg.
34 Tage Daueraufenthalt in der Klimakammer.
Klima 7.00 bis 19.00 Uhr 44,9/26,0 °C,
19.00 bis 7.00 Uhr 32,0 °C ohne Feuchteregelung.
Arbeit ab 10.00 4 × 45 min bei 10 mpk/s.
Ruhe nach der letzten Arbeit 40-45 min.

III. ERGEBNISSE UND INTERPRETATION

III.1 Vergleich der integralen Schweißmenge mit dem Gewichtsverlust

Wir ermittelten die totale Schweißproduktion über die Gewichtsverlustmethode für jede Arbeitsperiode und für die Ruhezeit nach der Arbeit. Insgesamt wurden aus diesen Meßwerten vier verschiedene Schweißraten berechnet:

- die Schweißrate während der Ruhezeit: SRRU
- die Schweißrate während der letzten Arbeit: SRLA
- die Schweißrate gemittelt aus letzter Arbeit und Ruhe: SRRA
- die Schweißrate aus dem Mittel aller Arbeitsphasen: SRMA.

Die entsprechenden Werte für diese verschiedenen Schweißmaße gegliedert nach den Versuchsbedingungen finden sich in Tabelle A1 in den Spalten (1) bis (4). In Spalte (5) ist die nach dem beschriebenen Verfahren ermittelte integrale Schweißmenge eingetragen (siehe Anhang).

Alle Werte beziehen sich auf den Gesamtkörper, alle Werte haben die Dimension g/h.

Es ist nun die Frage, inwieweit die integrale Schweißmenge mit den einzelnen Gewichtsverlust-Schweißraten korrespondiert. Wie wir erwähnt haben, gibt es bei der regionalen Schweißmessung - auf der die integrale Schweißmenge beruht - größere Fehlerquellen. Es versteht sich also von selbst, daß integrale Schweißmenge und Gewichtsverlust-Schweißrate während der Ruhezeit nicht genau übereinstimmen. Wie gut ist jedoch der statistische Zusammenhang zwischen beiden Schweißmaßen? Hierzu sollten wir die in der Literatur diskutierten kritischen Einwände gegen die WEINERsche Methode diskutieren.

Neben der Problematik der Meßfehler ergibt sich:

a) Durch das Auffangverfahren mit Plexiglas-Ringen könnte die Schweißproduktion an der Meßstelle verändert werden. Der nicht verdunstende Schweiß könnte einen Film über die betreffende Stelle legen, der eine weitere Schweißdrüsensekretion unterdrücken könnte.

b) Die ausgewählten Meßstellen könnten möglicherweise keinen repräsentativen Querschnitt über die betreffende Region darstellen. So kommt ETTRICH 1972 bei einer vergleichenden Untersuchung zweier Meßmethoden nach WEINER mit jeweils 11 bzw. 19 verschiedenen regionalen Meßstellen zu dem Ergebnis, daß die Unterschiede der gemessenen regionalen Schweißintensitäten bei Stamm und Bein "eklatant" waren. (Vgl. ETTRICH 1972) ETTRICH meint jedoch, daß die Einheitlichkeit der regionalen Schweißproduktion stark von der Versuchsperson abhänge (s. hierzu auch HÖFLER 1968b).

c) Die einzelnen Meßstellen könnten schlecht isoliert sein, so daß eine gewisse Menge des austretenden Schweißes entweicht.

d) Der Abstand der Ermittlung der integralen Schweißmenge von der Arbeitsphase könnte zu groß sein. Tendenziell sind bei Messung der Schweißsekretion während der Ruhepause niedrigere Werte als aus der Gewichtsverlust-Messung während der Arbeit zu erwarten.

Die praktische Bedeutung dieser Fehlermöglichkeiten läßt sich nicht theoretisch, sondern nur empirisch abschätzen. HÖFLER (1968b) war nach ausgedehnten Versuchen zu dem Ergebnis gekommen: "... the total sweat output calculated from selected skin areas corresponds well with the simultaneously measured weight loss."

Um zu sehen, inwieweit die gemessenen integralen Schweißmengen und die Gewichtsverlustmaße übereinstimmen, wandten wir die Regressionsmethode an.

Die Regressionsgleichung zwischen integraler Schweißmenge IS und Schweißrate aus Arbeits- und Ruhepause lautet:

(1) $IS = \underset{(0.59)}{79.7} + \underset{(4.35)}{0.60}\ SRRA$

(Werte in Klammern sind t-Werte der geschätzten Koeffizienten)

$r^2 = 0.35$

$r = 0.59$

Das Ergebnis besagt, daß 35 % der Streuung der Werte für die integrale Schweißmenge durch die Gewichtsverlustdaten während letzter Arbeit und Ruhe erklärt werden[1)]. Die relativ geringe Größe des Korrelationskoeffizienten kann durch die starke Streuung der Meßwerte erklärt werden.

Abbildungen 1 und 2 verdeutlichen die Beziehungen zwischen IS und der Schweißmenge während der Ruhezeit (SRRU). Die Schätzgleichung der Regressionsgeraden in Abbildung 2 lautet:

(2) $IS = \underset{(3.3)}{279.6} + \underset{(4.7)}{0.56}\ SRRU$

$r^2 = 0.41$

$r = 0.64$

Das Maß SRRU korreliert stärker mit der integralen Schweißmenge IS als SRRA, wie der Vergleich zwischen den Gleichungen (1) und (2) zeigt (der Korrelationskoeffizient ist höher).

Der Zusammenhang zwischen IS und SRRU ist in den Abbildungen 1 und 2 deutlich erkennbar. Der statistische Zusammenhang wird auch durch die Größe des geschätzten b-Koeffizienten (0.56), die dem entsprechenden Wert in Gleichung (2) vergleichbar ist, sowie durch die gute Absicherung der Parameter - Absolutglied und b-Koeffizient sind auf dem 1%-Niveau signifikant - unterstrichen.

---

1) Dies folgt aus der Interpretation des quadrierten Korrelationskoeffizienten.

Weiterhin führten wir Regressionsschätzungen auch für die Schweißrate aus dem Mittel aller Arbeitsphasen (SRMA) und für die Schweißrate aus letzter Arbeit (SRLA) durch. Die Zusammenstellung aller Schätzergebnisse in Tabelle 2 zeigt, daß SRLA dasjenige Maß ist, das am besten mit der integralen Schweißmenge korrespondiert. Der Korrelationskoeffizient liegt mit 0.85 recht hoch und der b-Koeffizient hat mit 1.09 fast genau den Idealwert von 1. Der statistische Zusammenhang zwischen IS und SRMA ist hingegen deutlich schlechter.

Tabelle 2: Übersicht über die Regressionsgleichungen zum Vergleich von integraler Schweißmenge und Gewichtsverlustmaßen

Gleichung	abh. Variable	unabh. Variable	Absolutglied	b	r
1	IS	SRRA	79.7 (0.59)	0.60 (4.35) **	0.59
2	IS	SRRU	279.6 (3.3) **	0.56 (4.7) **	0.64
3	IS	SRMA	235.4 (1.6)	0.33 (2.8) **	0.43
4	IS	SRLA	195.0 (1.8) *	1.09 (9.6) **	0.85

mit: IS Integraler Schweißmenge
SRRA Schweißrate aus Ruhe und letzter Arbeit
SRRU Schweißrate während der Ruhepause
SRMA Schweißrate aus dem Mittel aller Arbeitsphasen
SRLA Schweißrate aus letzter Arbeit

(Die Werte in Klammern sind t-Werte der geschätzten Koeffizienten, ein Stern zeigt Signifikanz auf dem 5%-Niveau, zwei Sterne zeigen Signifikanz auf dem 1%-Niveau an.)

Abb. 1: Vergleich der integralen Schweißmengen mit dem Gewichtsverlust während der Ruhezeit (Ziffern 1, 2, 3, 4 geben die Belastungsbedingungen an)

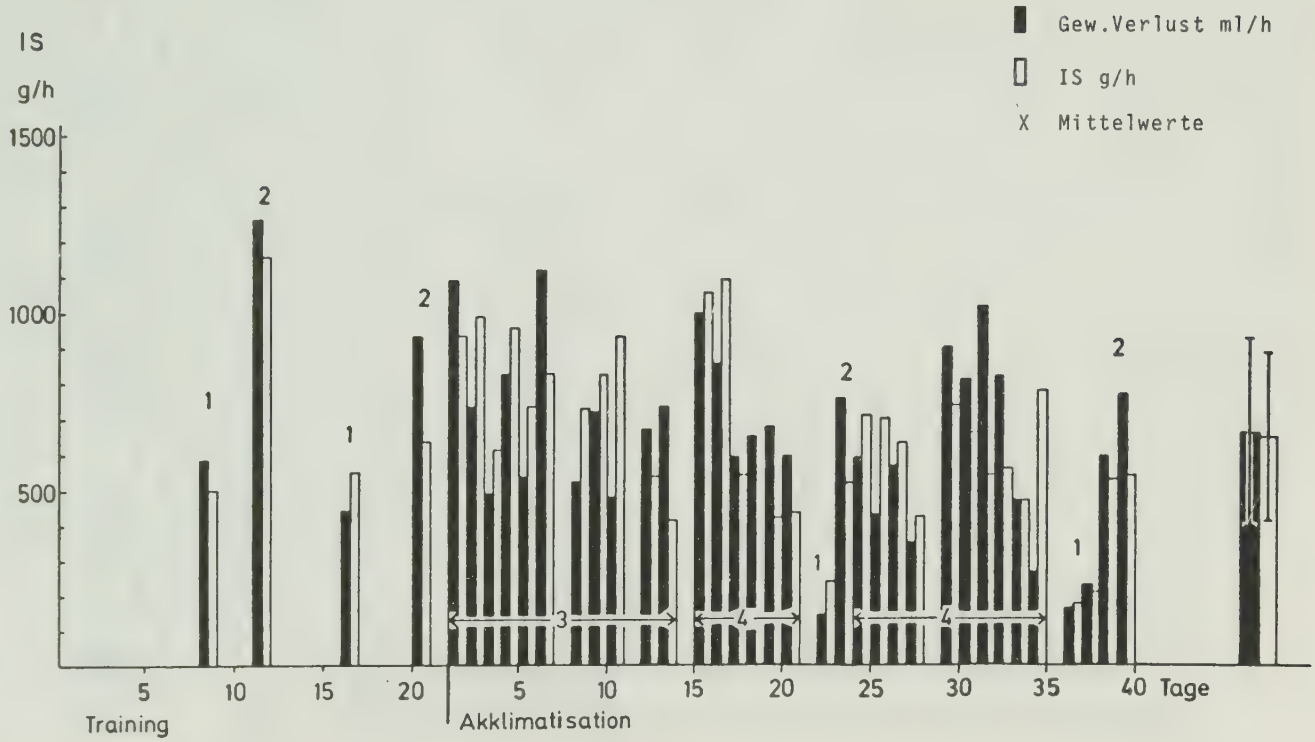
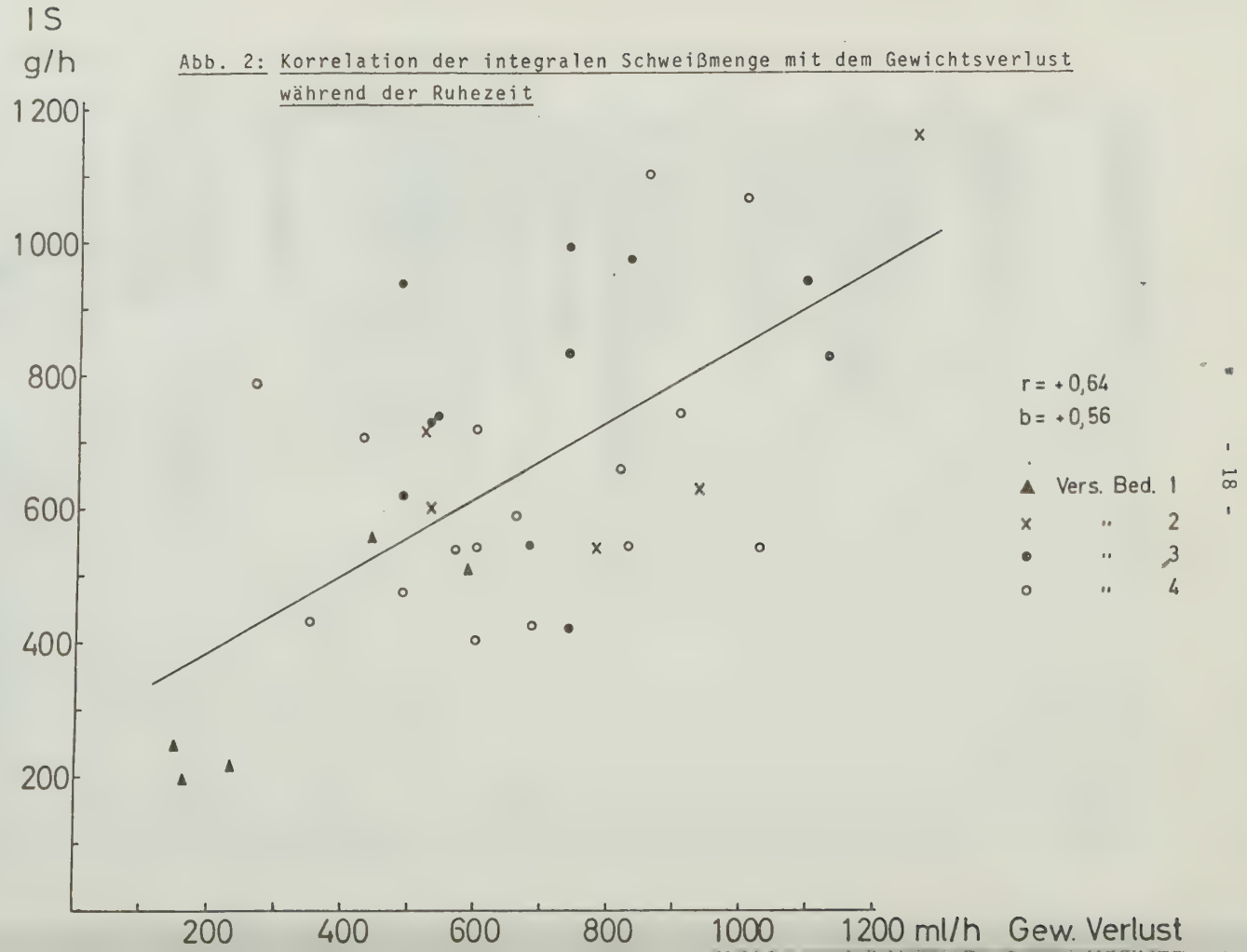


Abb. 2: Korrelation der integralen Schweißmenge mit dem Gewichtsverlust während der Ruhezeit



III.2 Zeitliche Entwicklung der Schweißraten

In den Abbildungen 3 bis 7 ist der zeitliche Trend der einzelnen Schweißmaße im Verlauf der Akklimatisation dargestellt. Die Schätzgleichungen für die Trendbestimmung sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Das Einsetzen der Belastungsbedingung 4 (schwere Arbeit in feuchtheißem Klima, längere Arbeitszeit) anstelle der Belastungsbedingung 3 ist in den Abbildungen mit einem Pfeil markiert. Es zeigt sich jedoch, daß ein Einfluß der veränderten Belastungsbedingung auf den Trend der Schweißproduktion im Verlaufe der Akklimatisation nicht ausgemacht werden kann. Auch die Streuung der Meßwerte ändert sich nicht. Ein Strukturbruch in der Zeitreihe aufgrund der veränderten Belastungsbedingung ist unwahrscheinlich. Es läßt sich die vorsichtige Folgerung ziehen, daß sich die erhöhte Arbeitsbelastung bei unserer Versuchsperson weder beschleunigend noch verlangsamend auf den Akklimatisationsprozeß ausgewirkt hat.

Der Vergleich der Abbildungen 3 bis 7 zeigt, daß die integrale Schweißmenge sowie die Schweißmenge aus letzter Ruheperiode einem mit der Akklimatisationsdauer sinkenden Trend unterworfen sind, die Schweißraten aus den Arbeitsphasen hingegen mit zunehmender Akklimatisation tendenziell zunehmen.

Wie Tabelle 3 zeigt, ist das negative Vorzeichen der Zeit in der Abbildung 3 entsprechenden Gleichung auf dem 5%-Niveau signifikant. Der negative Trend für die Gleichung, die der Abbildung 4 entsp richt, ist jedoch statistisch nicht gesichert.

Die Schweißmenge aus Ruhe- und Arbeitszeit gemittelt (SRRA) hat die größte Varianz aller Gewichtsverlustmaße und weist ein entsprechend kleines r von 0.10 auf. Ein solcher schlechter Testwert und die fehlende Absicherung des b-Koeffizienten erlauben keine weitergehende Interpretation. Statistisch aussagekräftiger sind die Resultate der zu den Abbildungen 5 und 7 gehörenden Gleichungen. Beide Zeitreihen weisen einen signifikant

von Null verschiedenen Zeittrend auf, und auch das Absolutglied ist gut gesichert.

Die Streuung der Werte bei der Schweißraten-Bestimmung der letzten Arbeit ist deutlich größer als bei der Schweißrate aus dem Mittel aller Arbeitsphasen. In Gleichung 7 (zu Abbildung 7 gehörig) sind immerhin 46 % der Varianz der Schweißrate aus dem Zeittrend (d.h. der Akklimatisationsdauer) erklärt[1].

Es scheint also, daß durch die Mittlung der Werte der verfälschende Einfluß von Meßfehlern (auch der sog. Ausreißer) abnimmt. Das Ergebnis weist darauf hin, daß die mittlere Zunahme der Schweißproduktion während der Arbeitsphase bei einer Ausgangs-Schweißrate von ca. 1200 etwa 11 g/h pro Tag beträgt.

Dieses Ergebnis einer Zunahme der Schweißproduktion während der Akklimatisation steht in Übereinstimmung mit den theoretischen Erwartungen.

Das Fallen der Schweißmenge in der Ruhepause und ebenso der gleichzeitig bestimmten integralen Schweißmenge zeigt aber, daß die Schweißproduktion unserer Versuchsperson nach dem Ende der Arbeitsphase umso stärker nachließ, je mehr sie akklimatisiert war. Auch bei den Vp H.W. und H.M. fiel die Schweißproduktion in der Ruhe nach Arbeitsende mit fortschreitender Akklimatisation.

---

1) Dies folgt aus der Interpretation des quadrierten Wertes von $r = 0.68$. ($r^2 = 0.46$)

Tabelle 3: Zusammenstellung der Schätzgleichungen für die Trendbestimmung der Schweißraten

Abb.	abh. Variable	unabh. Variable	Absolut-glied	b	r
3	IS	Zeit	852.8 (12.3) **	-8.5 (-2.5) *	0.45
4	SRRU	Zeit	780.1 (9.4) **	-5.0 (-1.23)	0.24
5	SRLA	Zeit	1214.7 (18.7) **	7.52 (2.4) *	0.43
6	SRRA	Zeit	997.4 (19.6) **	1.25 (0.5)	0.1
7	SRMA	Zeit	1193.0 (25.3) **	10.75 (4.6) **	0.68

mit: IS Integraler Schweißmenge
SRRA Schweißrate aus Ruhe und letzter Arbeit
SRRU Schweißrate während der Ruhepause
SRMA Schweißrate aus dem Mittel aller Arbeitsphasen
SRLA Schweißrate aus letzter Arbeit

(Die Werte in Klammern sind t-Werte der geschätzten Koeffizienten, ein Stern zeigt Signifikanz auf dem 5%-Niveau, zwei Sterne zeigen Signifikanz auf dem 1%-Niveau an.)

Tabelle 3a: Zusammenstellung der Schätzgleichungen für die Trendbestimmung der Schweißraten (Vp H.W.)

abh. Variable	unabh. Variable	Absolutglied	b	r
SRRU	Zeit	397.0 (9.8) **	-3.3 (-1.7) *	0.27
SRLA	Zeit	281.7 (2.6) **	19.9 (3.8) **	0.61
SRRA	Zeit	678.7 (5.9) **	16.6 (3.1) **	0.51
SRMA	Zeit	271.3 (3.9) **	24.9 (7.7) **	0.84

mit: SRRA Schweißrate aus Ruhe und letzter Arbeit
SRRU Schweißrate während der Ruhepause
SRMA Schweißrate aus dem Mittel aller Arbeitsphasen
SRLA Schweißrate aus letzter Arbeit

(Die Werte in Klammern sind t-Werte der geschätzten Koeffizienten, ein Stern zeigt Signifikanz auf dem 5%-Niveau, zwei Sterne zeigen Signifikanz auf dem 1%-Niveau an. Verwendet wurden 25 Beobachtungen.)

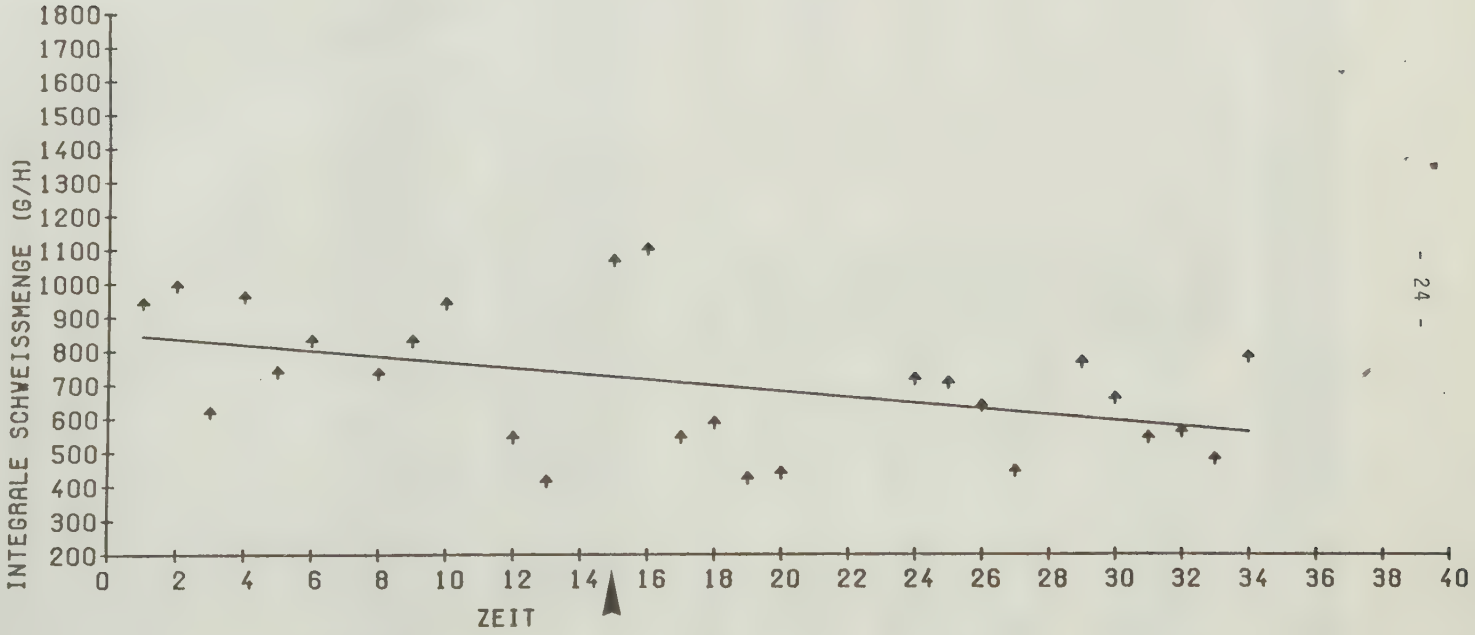
Tabelle 3b: Zusammenstellung der Schätzgleichungen für die Trendbestimmung der Schweißraten (Vp H.M.)

abh. Variable	unab. Variable	Absolut-glied	b	r
SRRU	Zeit	1054.1 (13.4) **	-10.0 (-2.7) **	0.47
SRLA	Zeit	934.6 (14.9) **	12.6 (4.1) **	0.62
SRRA	Zeit	2011.8 (16.8) **	1.6 (0.3)	0.06
SRMA	Zeit	940.8 (25.5) **	8.1 (4.6) **	0.66

mit: SRRA Schweißrate aus Ruhe und letzter Arbeit
SRRU Schweißrate während der Ruhepause
SRMA Schweißrate aus dem Mittel aller Arbeitsphasen
SRLA Schweißrate aus letzter Arbeit

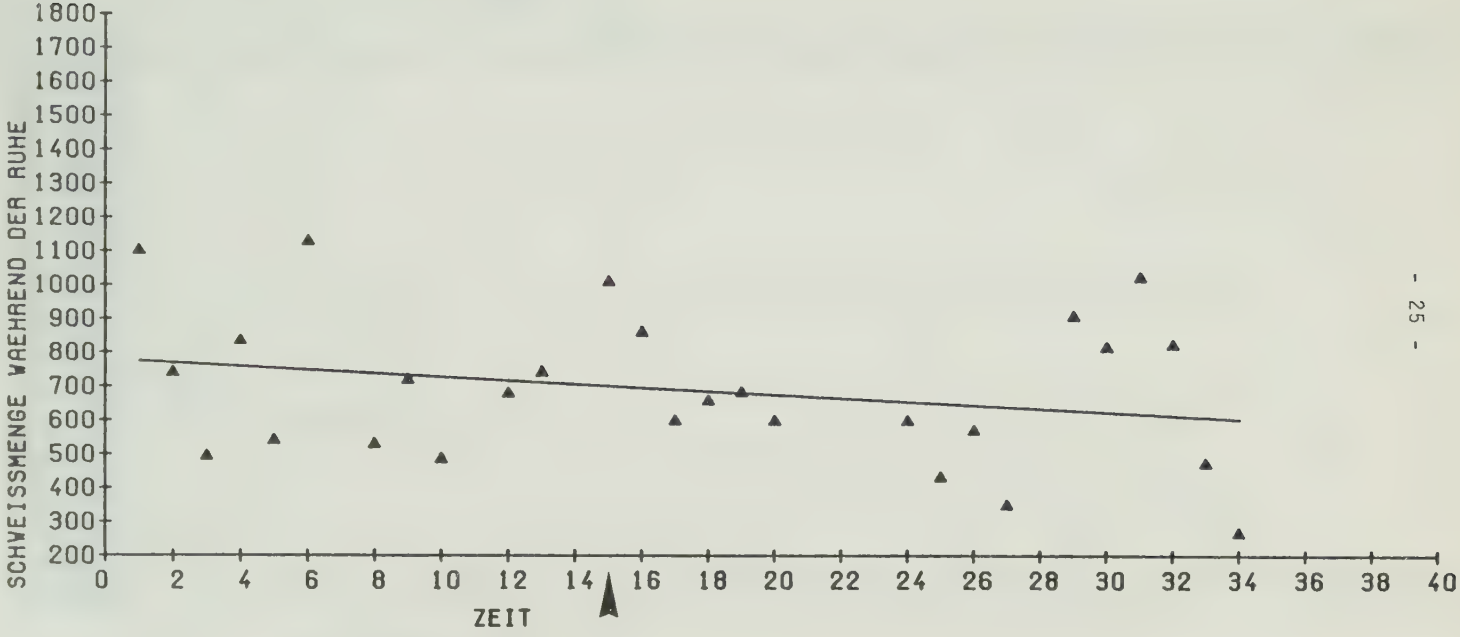
(Die Werte in Klammern sind t-Werte der geschätzten Koeffizienten, ein Stern zeigt Signifikanz auf dem 5%-Niveau, zwei Sterne zeigen Signifikanz auf dem 1%-Niveau an. Für SRRA und SRRU wurden jeweils 23 Beobachtungen, für SRMA und SRLA 27 Beobachtungen verwendet.)

Abb. 3: Zeitlicher Trend der integralen Schweißmenge im Verlauf der Akklimatisation



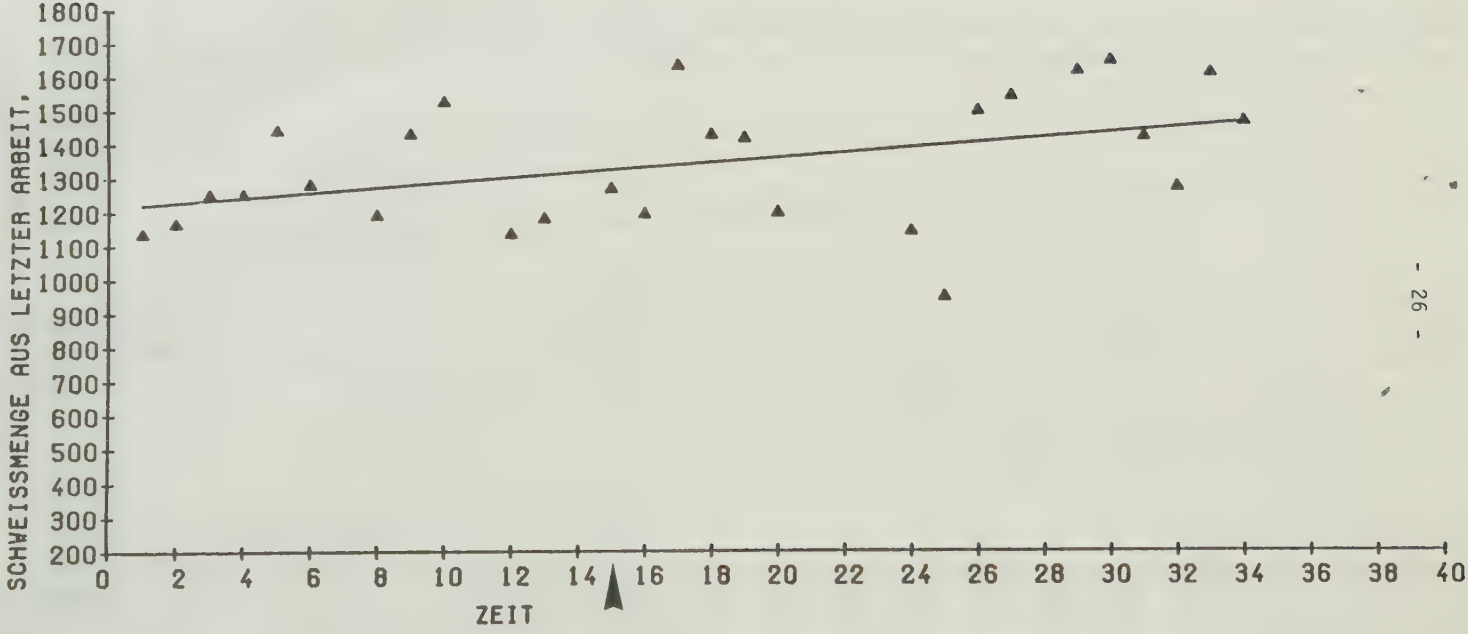
(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 4: Zeitlicher Trend der Schweißrate während der Ruheperiode im Verlauf der Akklimatisation



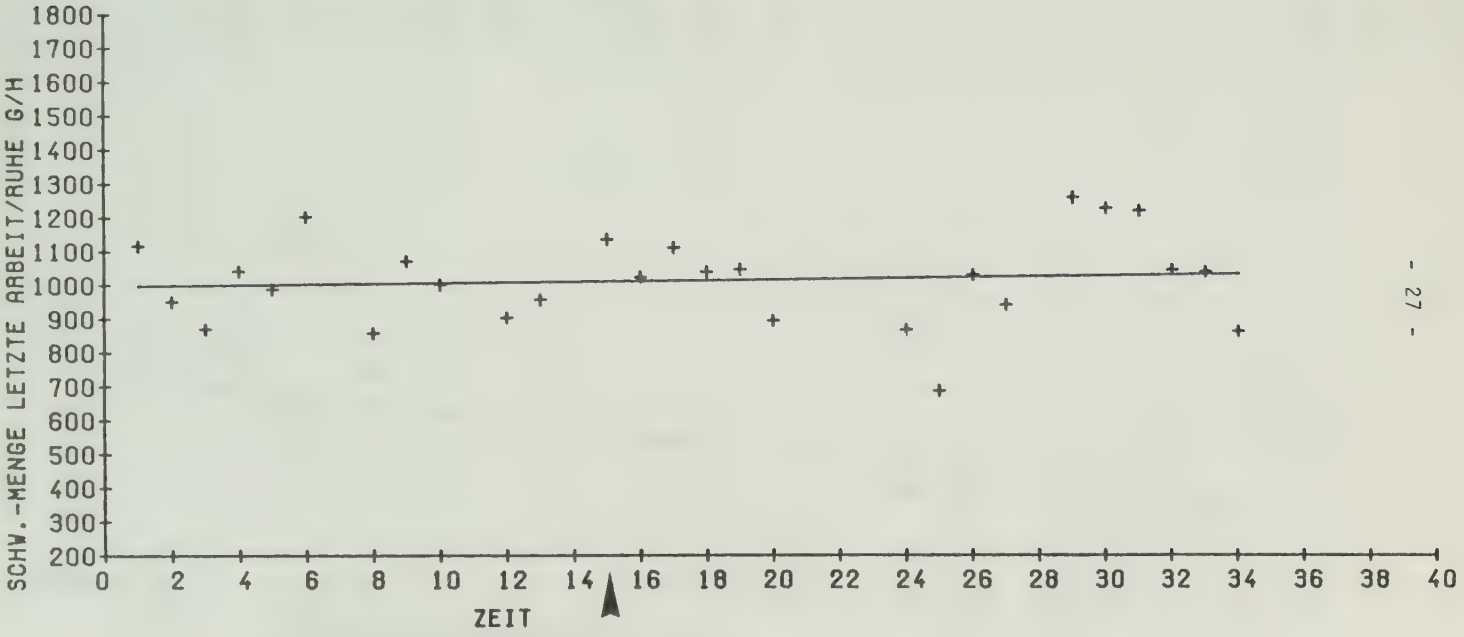
(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 5: Zeitlicher Trend der Schweißmenge aus letzter Arbeit im Verlauf der Akklimatisation



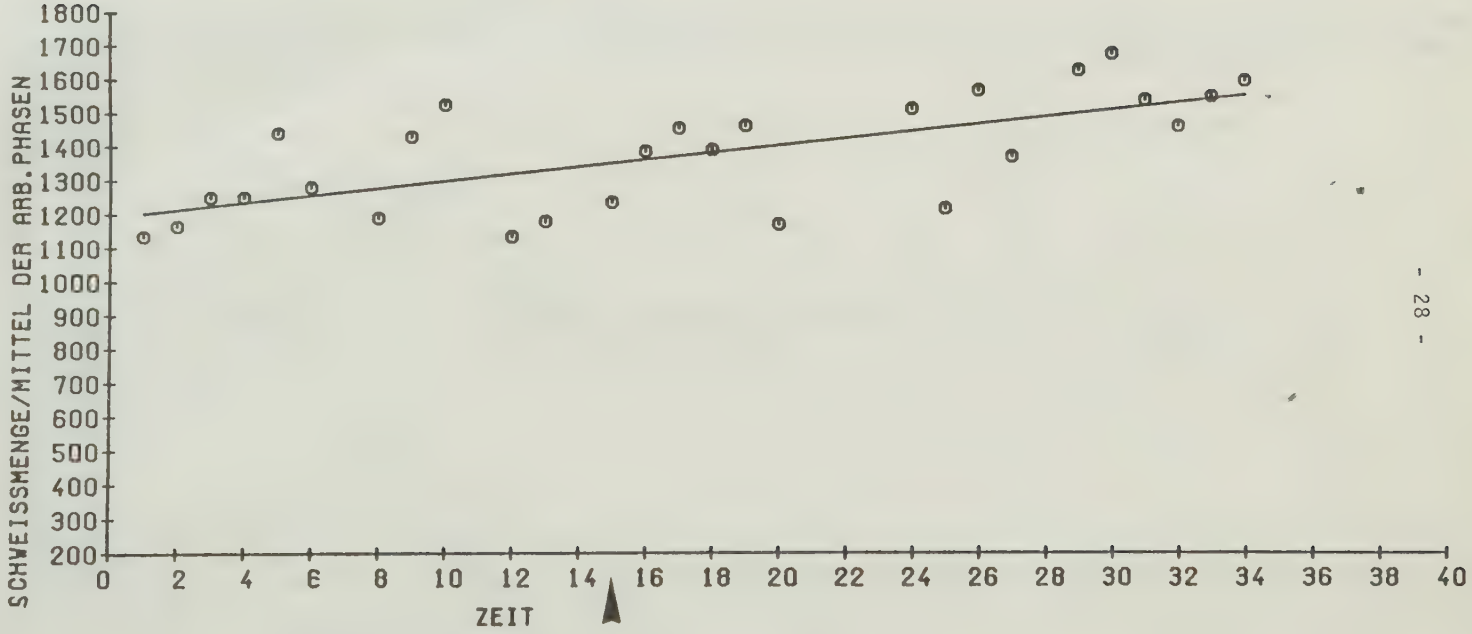
(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 6: Zeitlicher Trend der Schweißrate aus letzter Arbeit und Ruhe im Verlauf der Akklimatisation



(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 7: Zeitlicher Trend der Schweißrate aus dem Mittel aller Arbeitsphasen im Verlauf der Akklimatisation



(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

III.3 Die zeitliche Entwicklung der regionalen Schweißproduktion während der Akklimatisation

Eine wichtige Ausgangsfrage unserer Untersuchung war, wie sich die prozentualen Anteile der einzelnen Körperregionen bei zunehmender Akklimatisationsdauer verhalten. Die Entwicklung des Schweißanteils der einzelnen Regionen ist in den Abbildungen 8 bis 13 dargestellt. Die entsprechenden Schätzgleichungen der Trendbestimmung finden sich in Tabelle 4.

Abbildungen 8 und 9 zeigen, daß die prozentualen Anteile von Kopf und Stamm im Zeitablauf fallen. Hierbei sind die Steigungskoeffizienten jedoch nicht signifikant. Das r^2 von 0.1 bzw. 0.05 weist ebenfalls nicht auf einen gesicherten statistischen Zusammenhang hin.

Abbildungen 10 und 11 (bzw. die entsprechenden Gleichungen in Übersicht A) zeigen, daß der prozentuale Anteil von Beinen und Armen während der Akklimatisation zunimmt. Hierbei ist jedoch nur der Steigerungskoeffizient beim prozentualen Anteil der Beine statistisch signifikant. Die Ergebnisse werden deutlicher, wenn Kopf und Stamm einerseits und die Extremitäten andererseits zusammengenommen werden. Der Anteil von Kopf/Stamm nimmt statistisch signifikant ab, während der Anteil der Extremitäten ebenfalls statistisch signifikant zunimmt. (s. Abb. 12 und 13)

Während der Prozentanteil der Extremitäten bei unserer Versuchsperson pro Tag um 0.2 bis 0.3 % im Mittel zunimmt, fällt der Anteil von Kopf und Stamm entsprechend. Dieses Ergebnis steht wiederum im Einklang mit unseren theoretischen Erwartungen, die auf eine zunehmende Ökonomisierung der Schweißproduktion bei zunehmender Akklimatisation hinausliefen, da die Verdunstung an den Extremitäten effektiver geschieht.

Der Anteil der Extremitäten an der Gesamtschweißmenge hatte am 1. Tag 27 % betragen, am Ende der Versuchsreihe dagegen 35 %. Dementsprechend fiel der Anteil von Stamm und Kopf im Laufe

der Akklimatisation von 73 auf 65 %. MBOMBOUE (1970) hatte eine Zunahme des Extremitätenanteils mit der Akklimatisation nicht feststellen können. Bei seiner Versuchsperson hatte jedoch der Beitrag der Extremitäten schon vor der Akklimatisation über 60 % ausgemacht, also mehr als dem Anteil an der Körperoberfläche entspricht, während bei unserer Versuchsperson der Oberflächenanteil der Extremitäten von 57,4 % anfangs nicht einmal zur Hälfte ausgenützt war. Auch bei HÖFLER (1968a) zeigten 2 der 8 Versuchspersonen, bei denen der Beitrag der Extremitäten von Anfang an 48 bzw. 55 % betragen hatte, keine weitere Zunahme mit dem Verlauf der Akklimatisation. In einer eingehenden Analyse von 8 Versuchen konnte schließlich VAN ACKEREN (1972) zeigen, daß ein umso höherer Anteil der produzierten Schweißmenge tatsächlich für die Verdunstungskühlung ausgenützt wird, je mehr die Extremitäten zur Gesamtschweißmenge beitragen.

In allgemeinen Darstellungen der Hitzeakklimatisation wird immer wieder darauf hingewiesen, daß der Nichtakklimatisierte zu profusen Schweißausbrüchen neigt, die mit Phasen ungenügender Schweißsekretion abwechseln, während das Schwitzen beim Akklimatisierten gleichmäßig und ökonomisch verläuft (HENSEL 1970). Die Richtigkeit dieser auf qualitativen Zufallsbeobachtungen beruhenden Angaben wird durch das Ergebnis dieser Arbeit belegt, da die Arbeitsschweißmengen im Verlauf der Akklimatisation zunehmen, während die Schweißmenge in der Ruhepause nach Arbeitsende abnimmt. Auch in dieser Hinsicht zeigt sich eine mit der Akklimatisation zunehmende Ökonomisierung des Schwitzens.

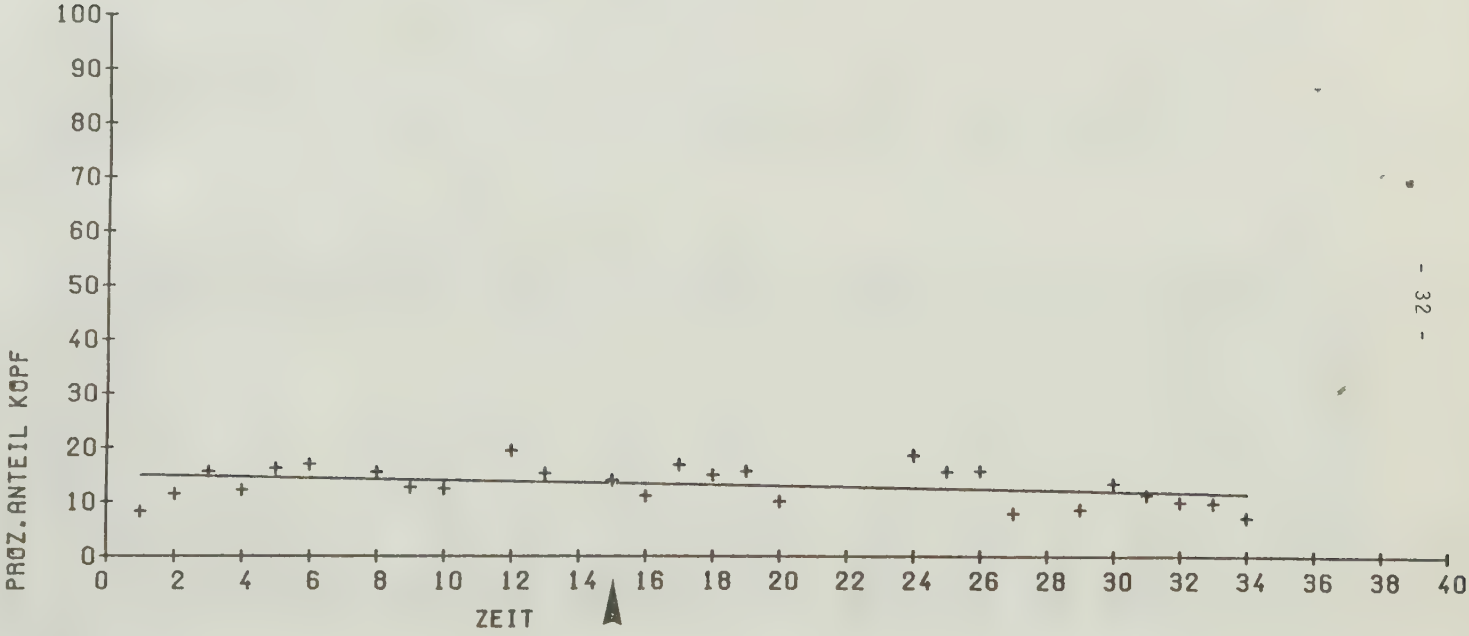
Tabelle 4: Veränderungen des regionalen Anteils der Schweißproduktion

Zusammenstellung der Schätzgleichungen

entspr. Abb.	abh. Variable	unabh. Variable	Absolut-glied	b	r
-	regionale Schweißmenge -Kopf	Zeit	121.1 (12.1) **	-1.64 (-3.35) **	0.56
-	regionale Schweißmenge -Stamm	Zeit	306.75 (9.22) **	-5.99 (-2.21) *	0.40
-	regionale Schweißmenge -Arm	Zeit	71.18 (13.22) **	-0.35 (-1.32)	0.26
-	regionale Schweißmenge -Bein	Zeit	153.85 (13.45) **	-0.54 (-0.96)	0.20
-	regionale Schweißmenge -Kopf/Stamm	Zeit	627.88 (10.32) **	-7.64 (-2.54) *	0.46
-	regionale Schweißmenge -Arm/Bein	Zeit	225.03 (13.82) **	-0.89 (-1.11)	0.22
8	prozentualer Anteil -Kopf	Zeit	15.05 (12.33) **	-0.10 (-1.70)	0.32
9	prozentualer Anteil -Stamm	Zeit	58.23 (24.24) **	-0.14 (-1.19)	0.22
10	prozentualer Anteil -Arme	Zeit	8.52 (10.65) **	0.06 (1.64)	0.30
11	prozentualer Anteil -Beine	Zeit	18.20 (12.40) **	0.18 (2.47) *	0.45
12	prozentualer Anteil -Kopf/Stamm	Zeit	73.28 (33.85) **	-0.24 (-2.28) *	0.41
13	prozentualer Anteil -Extremitäten	Zeit	26.72 (12.34) **	0.24 (2.28) *	0.41

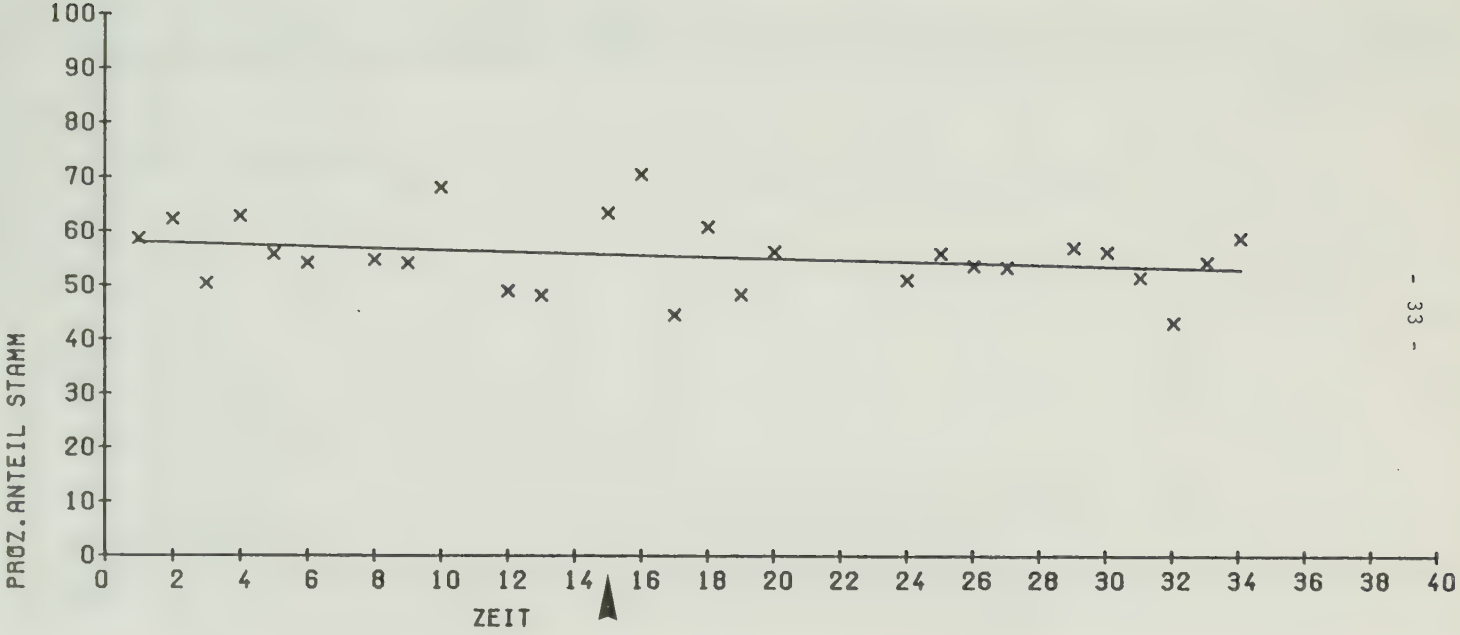
* = signifikant (5%-Niveau); ** = signifikant (1%-Niveau); in Klammern: t-Werte

Abb. 8: Zeitliche Entwicklung der regionalen Schweißanteile (prozentual)-Kopf



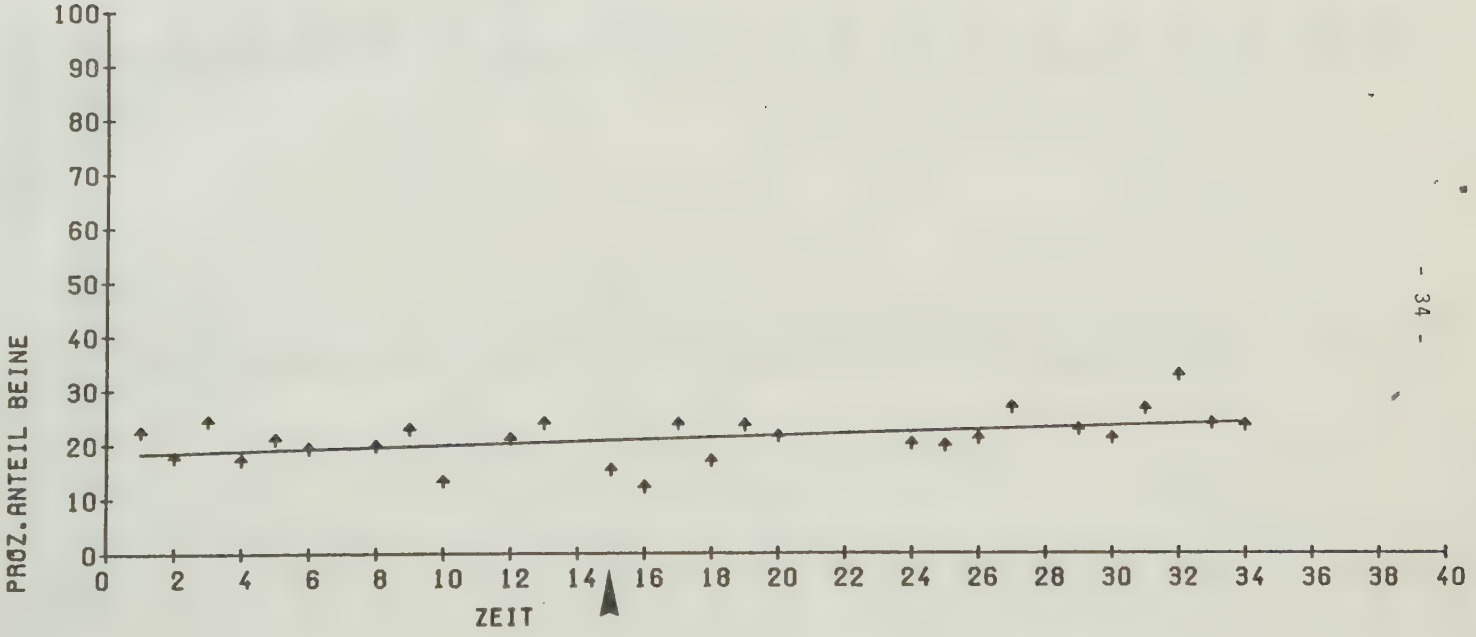
(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 9: Zeitliche Entwicklung der regionalen Schweißanteile (prozentual) - Stamm



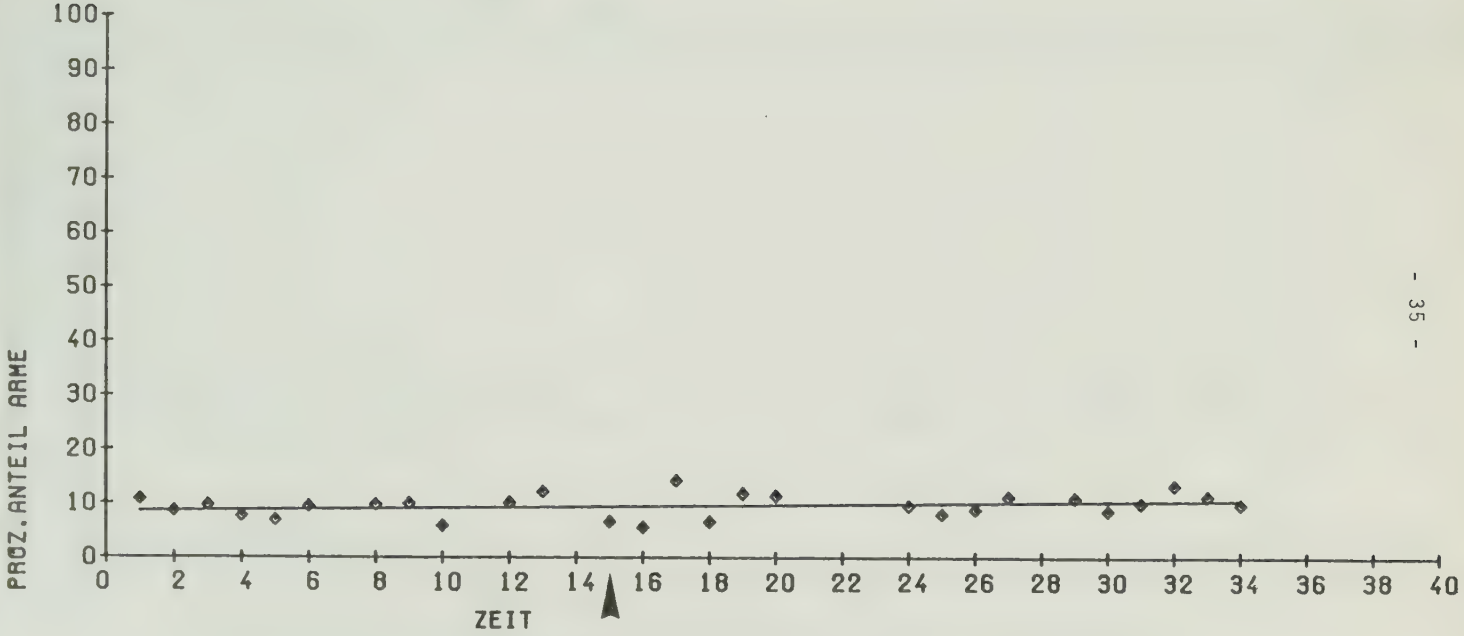
(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 10: Zeitliche Entwicklung der regionalen Schweißanteile (prozentual)-Beine



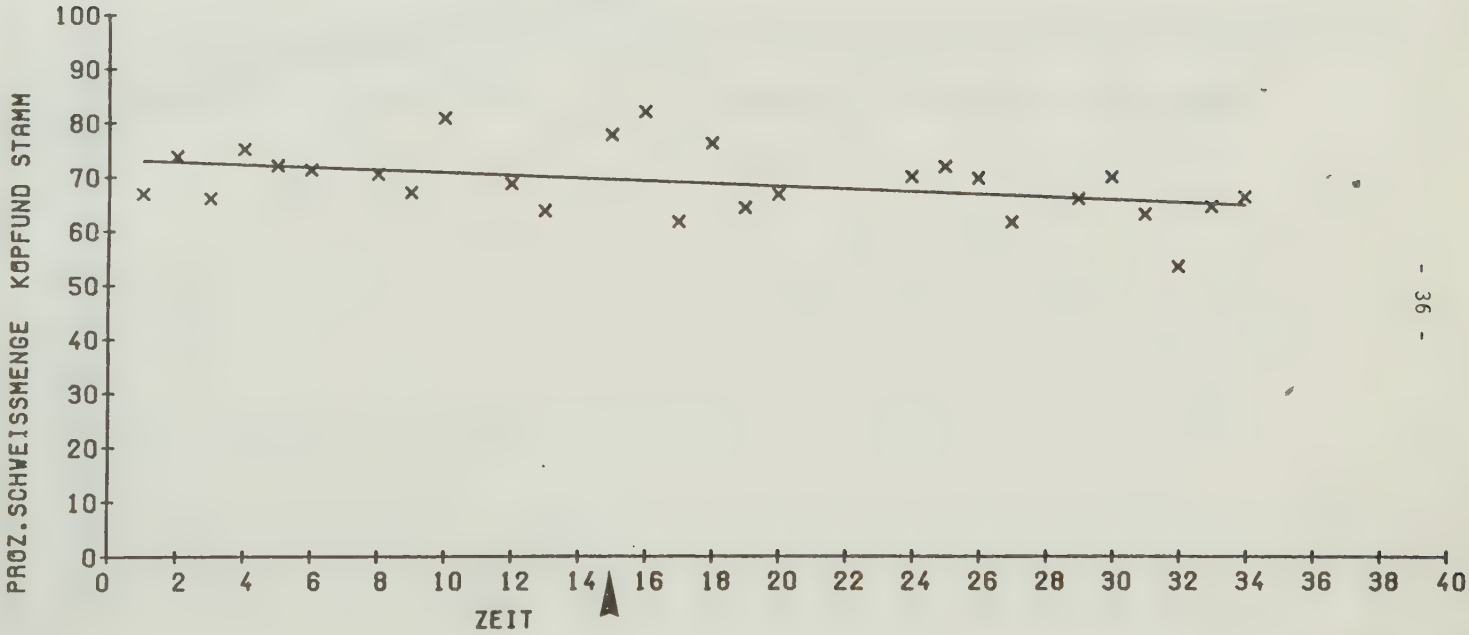
(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 11: Zeitliche Entwicklung der regionalen Schweißanteile (prozentual)-Arme



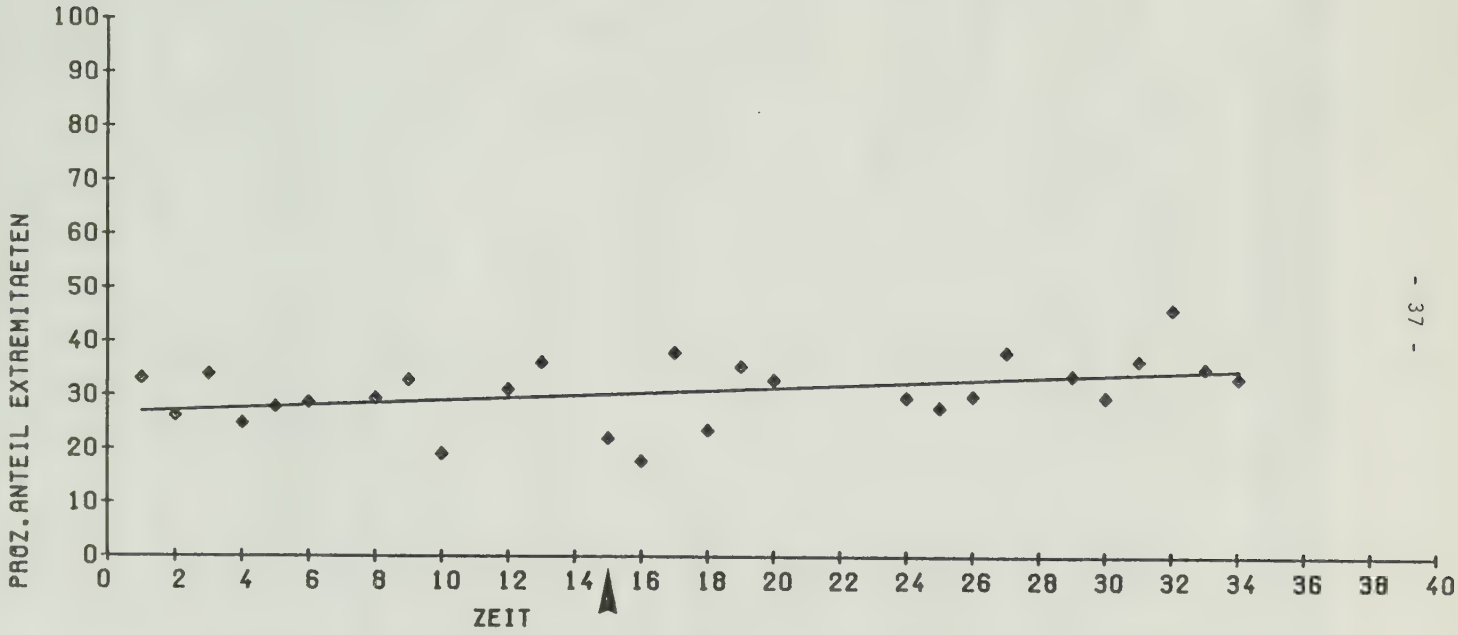
(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 12: Zeitliche Entwicklung der regionalen Schweißanteile (prozentual)- Kopf und Stamm



(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

Abb. 13: Zeitliche Entwicklung der regionalen Schweißanteile (prozentual)-Extremitäten



(der Pfeil markiert das Einsetzen der Belastungsbedingung 4)

III.4 Die Effekte der Akklimatisation in bezug auf die Schweißraten bei Versuchsbedingung 1 und 2

Die Tabelle 5 faßt die Meßwerte für die Bedingung 1 vor, während und nach der Akklimatisationsphase zusammen.

Wir sehen, daß die mittleren Schweißraten am 8. und 16. Tag (also während der Trainingsperiode) bis auf die Schweißrate der letzten Arbeit deutlich höher liegen als die entsprechenden Werte während bzw. nach dem Akklimatisationsversuch.

D.h., unser unter Punkt III.1 besprochenes Ergebnis, daß die Akklimatisation bei unserer Versuchsperson bewirkt, daß die Schweißproduktion in der Ruhe nach der Arbeit stärker abfällt als vor der Akklimatisation, wird auch hinsichtlich der Bedingung 1 gestützt.

Nach erfolgter Akklimatisation ist die integrale Schweißmenge und die Schweißrate aus Gewichtsverlust während der Ruhe (SRRU) auf weniger als die Hälfte des Wertes vor dem Akklimatisationsversuchs gefallen.

Dabei besteht zwischen den Meßwerten am 43. Tag und den Mitteln des 57. und 58. Tages kein deutlicher Unterschied mehr, d.h. die lange Phase unter Bedingung 4 vom 45. bis zum 55. Tag hat auf diese Vorgänge keinen Einfluß mehr.

Tabelle 6 auf S. 39 zeigt die entsprechenden Werte für Belastungsbedingung 2.

Tendenziell gilt hierfür die gleiche Interpretation wie für die Tabelle 5: die integrale Schweißmenge und die Schweißrate aus der Ruhezeit fallen erheblich, wenn auch nicht ganz so stark wie bei 1. Hingegen kann für die Entwicklung der Schweißraten während der Arbeitsphasen kein deutlicher Unterschied der Werte vor, während und nach der Akklimatisation festgestellt werden.

Tabelle 5: Vergleich der mittleren SR unter Bed. 1 vor, während und nach der Akklimatisation

	SR 8.u. 16. Tag	SR 43. Tag	SR 57. u. 58. Tag
JS	526,5	238,8	193,7
SRLA	641,5	667	527
SRRA	577,7	405,5	363,2
SRMA	656,3	579	523,9
SRRU	514	144	199,5

Tabelle 6: Vergleich der SR unter Bed. 2 vor, während und nach der Akklimatisation

	SR 11. u. 19. Tag	SR 44. Tag	SR 59. u. 60. Tag
JS	894,7	522,8	534,4
SRLA	1252,5	1300	1190
SRRA	1178,7	1034	940
SRMA	1139,4	1256,2	1177
SRRU	1105	768	690

Eine weitere Fragestellung unserer Arbeit war, ob sich ein Einfluß unterschiedlicher Belastungsbedingungen auf das Ausmaß der typischen Akklimatisations-Effekte (Verlagerung der Schweißproduktion zu den Extremitäten) aufweisen läßt. So hatte FAHMI (1974) gefunden: "Mit zunehmender Arbeitsbelastung verschiebt sich die Schweißproduktion im feuchten Klima vom Stamm zugunsten der Extremitäten." (S. 43) In Tabelle 7 haben wir unsere Ergebnisse für die prozentualen regionalen Schweißanteile vor und nach der Akklimatisation aufgeführt. Für alle Belastungsbedingungen ist der prozentuale Anteil an der Schweißproduktion der Extremitäten nach erfolgter Akklimatisation größer als vorher, entsprechend geringer ist der Anteil von Kopf und Stamm. Die Differenz der Anteile ist mit 15.4 % und 11.4 % bei Belastungsbedingung 1 und 4 größer als bei den Bedingungen 2 und 3. Effektivtemperatur und Arbeitbelastung steigen von Bedingung 1 zu Bedingung 3. Bedingung 4 ist von 3 durch die längere Arbeitsdauer unterschieden.

Das Ergebnis für die Belastungsbedingung 1 widerspricht somit FAHMIs Resultaten, während die zunehmende Differenz von Bedingung 2 bis 4 im Sinne von FAHMI interpretiert werden kann. Hierbei ist zu beachten, daß die in Tabelle 7 gezeigten Differenzen auf der Basis von nur zwei Werten berechnet wurden, womit sich der Einfluß von Zufälligkeiten und Meßfehlern besonders stark auswirken kann.

Tabelle 7: Entwicklung der regionalen Schweißanteile bei verschiedenen Belastungsbedingungen vor und nach erfolgter Akklimatisation

Bedingung		Kopf/Stamm	Arm/Bein
1	v	66,4	33,6
	n	51,0	49,0
	Diff.	- 15,4	+ 15,4
2	v	64,5	35,5
	n	63,2	36,8
	Diff.	- 1,3	+ 1,3
3	v	67,0	33,0
	n	63,8	36,2
	Diff.	- 3,2	+ 3,2
4	v	77,9	22.1
	n	66,5	33,5
	Diff.	- 11,4	+ 11,4

v = vor, n = nach } erfolgter Akklimatisation

Diff. = Differenz zwischen beiden Größen

alle Größen in Prozent

Für die Ausgangsdaten siehe Tabelle A 5 im Anhang.

IV. Diskussion

Wie eingangs erwähnt, ist die Zunahme der Schweißproduktion von entscheidender Bedeutung für die Hitzeakklimatisation (WENZEL 1961, SCHMOLL 1967, HÖFLER 1968a, LAASER 1968). Das bestätigte sich auch im hier dargestellten Versuch: die w ä h r e n d der Hitzearbeit gemessenen Schweißmengen nahmen im Verlauf der Akklimatisation um 23 - 35 % zu (Abb. 5 - 7). Wahrscheinlich handelt es sich um einen peripheren Mechanismus, den man als "lokales Schweißdrüsentraining" bezeichnet (FOX e.a. 1962, COLLINS e.a. 1966). Die Schweißdrüsen "lernen", schon bei niedrigerer Haut- und Körpertemperatur ihre Sekretion zu steigern bzw. bei gleichen Körpertemperaturen mehr Schweiß zu produzieren als vor der Akklimatisation, und die Temperaturcharakteristik der Schweißproduktion verläuft steiler (BRISBANE 1969, HÖFLER e.a. 1969, LADIPOH 1969, OPUTA 1969).

Vereinzelt wurde auch beobachtet, daß bei längerdauerndem Aufenthalt in heißem Klima die anfangs gesteigerte Schweißproduktion wieder abnimmt (MACPHERSON 1960, SCHMOLL 1967, SCHWEMMLEIN 1969, MELCHINGER 1972). Da die im Verlauf der Akklimatisation erlangte Hitzearbeitstoleranz erhalten bleibt, muß man eine "Ökonomisierung" des Schwitzens annehmen, d.h., eine geringere Schweißmenge hat einen besseren Nutzeffekt. Hierfür kommen in Betracht: 1. eine stärkere Beteiligung der Extremitäten, die bei den meisten Probanden in unakklimatisiertem Zustand weniger zur Gesamtschweißmenge beitragen, als ihrem Oberflächenanteil entspricht (HÖFLER 1968b, VAN ACKEREN 1972), und an denen aus geometrischen Gründen besonders günstige Wärmeübergangsbedingungen herrschen (ASCHOFF 1958). 2. Eine bessere zeitliche Koordination (HENSEL 1970), d.h. rascherer Beginn des Schwitzens bei Arbeitsaufnahme und rascherer Rückgang nach Arbeitsende.

Eine Zunahme des Extremitätenanteils im Verlauf der Hitzeakklimatisation konnten VOIGT 1967, HÖFLER e.a. 1966 sowie HÖFLER

1968b) nachweisen und konnte auch in dieser Arbeit bestätigt werden. Sie tritt aber nicht ein, wenn der Beitrag der Extremitäten schon vor der Akklimatisation sehr groß ist (HÖFLER 1968b, MBOMBOUÉ 1970).

Das von HERTZMAN et al. (1952) beobachtete zeitlich verschiedene Einsetzen der Schweißproduktion an den einzelnen Körperteilen bei ansteigender Umgebungstemperatur hat keine Beziehung zu der hier beschriebenen Zunahme des Extremitätenanteils an der Schweißmenge mit fortschreitender Akklimatisation.

In einigen Arbeiten konnte auch nachgewiesen werden, daß der Anteil der Extremitäten mit der Klimabelastung (SCHLAYER 1975) und mit der Arbeitsbelastung in feuchtheißem Klima (FAHMI 1974) zunahm, nicht aber bei einer unakklimatisierten Vp (KAMANABROO 1970). Das konnte in dieser Arbeit angedeutet nur für die drei belastenderen Bedingungen bestätigt werden, während unter der leichtesten Bedingung 1 die Zunahme des Extremitätenanteils mit der Akklimatisation am höchsten war. Die Zahl der hierfür zur Verfügung stehenden Daten ist in unserem Versuch aber zu gering, um verbindliche Aussagen zu erlauben.

Das wichtigste, durch übereinstimmende Befunde an 3 Vp gut gesicherte Ergebnis dieser Arbeit ist der Nachweis, daß die Schweißproduktion in der Ruhe nach der Arbeit im Gegensatz zur Zunahme der Arbeitsschweißmengen im Verlauf der Akklimatisation abnahm, d.h., daß die Schweißproduktion mit der augenblicklichen Belastungssituation besser koordiniert war.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Während eines 60-tägigen Akklimatisationsversuchs wurden bei einer männlichen Versuchsperson während und nach der Arbeitsphase in unterschiedlichen Hitze- und Arbeitsbelastungsbedingungen die Schweißraten durch Gewichtsverlust ermittelt. In der Ruhepause wurden außerdem die regionalen Schweißmengen nach der WEINERschen Methode bestimmt und daraus die integrale Schweißmenge errechnet.

Die Schweißrate aus Gewichtsverlust in Ruhe und die integrale Schweißmenge wiesen einen guten Zusammenhang auf (beide hatten einen sinkenden Trend mit zunehmender Akklimatisationsdauer). Die Schweißraten während der Arbeit stiegen hingegen im Verlauf der Akklimatisation an.

Der regionale Anteil der Extremitäten an der Schweißproduktion nahm im Zeitablauf signifikant zu, während der Anteil von Kopf und Stamm dementsprechend fiel.

Ein Einfluß von Unterschieden in den Arbeitsbelastungsbedingungen auf Akklimatisationsvorgänge konnte nicht nachgewiesen werden.

Hingegen wurde deutlich, daß nach erfolgter Akklimatisation die Schweißproduktion in der Ruhephase nach der Arbeit sofort stark abfällt, während dies vor der Akklimatisation nicht der Fall war. Dieser Befund ließ sich durch die Auswertung der Daten von 2 weiteren Vp erhärten.

Der Einfluß unterschiedlicher Belastungsbedingungen auf eine zunehmende Ökonomisierung der Schweißproduktion kann nach den Ergebnissen unserer Versuche nicht widerspruchsfrei belegt werden.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

ASCHOFF, J.: Die Extremitäten als Effektoren der physikalischen Temperaturregulation. Wien, med. Wschr. 108, 19-20, 1958.

BRISBANE, S.S.: Änderungen von Wärmebilanzgrößen bei der Akklimatisation in feuchtheißem Klima. Inaug. Diss. Tübingen, 1969.

COLLINS, K.J., G.W. CROCKFORD, and J.S. WEINER: The local training effect of the secretory activity on the response of eccrine sweat glands. J. Physiol. (Lond.) 184, 203, 1966.

CONN, J.W., M.W. JOHNSTON, L. H. LOUIS: Relationship between salt intake and sweat salt concentration under conditions of hard work in humid heat. Feder. Proc. 5, 230, 1946.

DUBOIS, D., DUBOIS, E.F.: The measurement of the surface area of man. Arch. Internal Med. 15, 868-881, 1915.

ETTRICH, W.: Vergleich zweier Methoden zur Messung der lokalen Schweißsekretion. Inaug. Diss. Tübingen, 1972.

FAHMI, L.A.: Die lokale Schweißproduktion bei Hitzearbeit in Abhängigkeit vom Belastungsgrad. Inaug. Diss. Tübingen, 1974.

FOX, R.H., R. GOLDSMITH, J. HAMPTON, and H.E. LEWIS: The mechanism of the increase in sweating capacity induced by heat acclimatization. J. Physiol. (Lond.) 162, 59, 1962.

HÄNSSLER, K.: Zur Bedeutung der Expositionsdauer für den Verlauf der Hitzeakklimatisation. Inaug. Diss. Tübingen, 1973.

HENSEL, H.: Temperaturregulation. In: W. D. KEIDEL: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart 1970.

HERTZMANN, A.B., RANDALL, W.E., PREISS, C.N., SECKENDORF: Regional rates of evaporation from the skin at various environmental temperatures. J. Appl. Physiol. 5, 153, 1952.

HÖFLER, W.: Verhalten der Schweißsekretion bei der Akklimatisation in einem natürlichen tropischen Klima. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 22, 317-326, 1966.

HÖFLER, W., D. SCHMOLL und R. VOIGT: Verteilung der Schweißsekretion auf der Körperoberfläche bei der Hitzeakklimatisation. Naturwissenschaften 53, 19/506, 1966.

HÖFLER, W.: (a), Hitzeakklimatisation. Hippokrates, 39/14, 517-524, 1968.

HÖFLER, W.: (b), Changes in regional distribution of sweating during acclimatization to heat. J. Appl. Physiol. 25, 503, 1968.

HÖFLER, W., J. LADIPOH u. U. LAASER: Beziehungen zwischen Schweißmenge, Verdunstung und Körpertemperatur bei der Akklimatisation in künstlichem feuchtheißem Klima. Int. Z. angew. Physiol. 27, 34, 1969.

KAMANABROO, D.: Die regionale Verteilung der Schweißbildung im feuchtheißen Klima in Abhängigkeit von der Arbeitsbelastung. Inaug. Diss. Tübingen, 1970.

LAASER, U.: Physiologische Reaktionen während eines fünfwöchigen Daueraufenthaltes in einem künstlichen feuchtheißen Klima. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 25, 279, 1968.

LADIPOH, J.: Verhalten der Wärmebilanzgrößen bei 35tägigem Aufenthalt in künstlichem feuchtheißem Klima. Inaug. Diss. Tübingen, 1969.

MACPHERSON, R.K.: Physiological responses to hot environment. Med. Res. Counc. Spec. Rep. Ser. No. 298 (London), 1960.

MBOMBOUE, J.M.: Abhängigkeit der regionalen Schweißproduktion vom Akklimatisationsgrad und der Belastung. Inaug. Diss. Tübingen, 1970.

MELCHINGER, H.: Untersuchungen über Wärmeregulation, Elektrolythaushalt und Magensäureproduktion bei der Akklimatisation in trockenheißem Klima. Diss. Tübingen, 1972.

SCHLAYER, B.: Lokale Verteilung der Schweißbildung und Gesamtschweißmenge in Abhängigkeit von der Klimabelastung in Hitze ohne Arbeitsleistung. Inaug. Diss. Tübingen, 1975.

SCHMAUZ, R. u. W. HÖFLER: Pulsfrequenz, Kerntemperatur, Wasser- und Elektrolytstoffwechsel bei 10-monatigem Aufenthalt in natürlichem tropischem Klima. Z. Tropenmed. u. Parasitol. 20, 364, 1969.

SCHMOLL, D.: Phasen der Akklimatisation an Hitzearbeit während eines dreiwöchigen Daueraufenthaltes in einem feuchtheißen Klima. Inaug. Diss. Tübingen, 1967.

SCHWEMMLEIN, P.: Akklimatisation während eines fünfwöchigen Daueraufenthaltes in einem künstlichen trockenheißen Klima, Inaug. Diss. Tübingen, 1969.

OPUTA, M.O.: Beziehungen zwischen Schweißmengen und Kerntemperatur in Abhängigkeit von der Belastung bei Hitzearbeit. Inaug. Diss. Tübingen, 1974.

VAN ACKEREN, G.: Beziehung zwischen regionaler Verteilung der Schweißproduktion und Abweichung von der "Predicted 4-Hrs Sweat Rate" P4SR. Int. Z. angew. Physiol. 31, 11, 1972.

VOIGT, R.: Veränderungen an der Schweißverteilung bei Daueraufenthalt in einem künstlichen feuchtheißen Klima. Inaug. Diss. Tübingen, 1967.

WEINER, J.S.: The regional distribution of sweating. J. Physiol. (Lond.), 104, 32, 1945.

WENZEL, H.G.: Die Beurteilung des Arbeitsklimas. In: Handb. d. ges. Arbeitsmedizin, Band I. Berlin-München-Wien 1961.

ANHANG Tab.A1: Schweißraten nach der Gewichtsverlustmethode und integrale Schweißmenge (in g/h)

Versuchstag	Akklim.Tag	Schweißrate aus Ruhezeit SRRU (1)	Schweißrate aus letzter Arbeit SRLA (2)	Schweißrate aus letzter Arbeit und Ruhe SRRA (3)	Schweißrate aus Mittel aller Arbeitsphasen SRMA (4)	Integrale Schweißmenge (5)
8.		585.0	660.0	622.5	651.3	502.3
16.		443.0	623.0	533.0	661,5	550.6
43.	22.	144.0	667.0	405.5	579,0	238.8
57.	36.	164.0	524.0	344.0	482.3	178.8
58.	37.	235.0	530.0	382.5	565.8	208.7
11.		1270.0	1285.0	1277.5	1190.0	1158.5
19.		940.0	1220.0	1080.0	1088.8	630.8
44.	23.	768.0	1300.0	1034.0	1256.3	522.8
59.	38.	600.0	1200.0	900.0	1158.8	527.8
60.	39.	780.0	1180.0	980.0	1195.0	541.0
22.	1.	1100.0	1135.0	1117.5	1135.0	940.9
23.	2.	740.0	1165.0	952.5	1165.0	993.3
24.	3.	493.0	1250.0	871.5	1250.0	618.4
25.	4.	835.0	1250.0	1052.5	1250.0	960.3
26.	5.	540.0	1440.0	990.0	1440.0	738.1
27.	6.	1130.0	1280.0	1205.0	1280.0	830.6
29.	8.	530.0	1190.0	860.0	1190.0	733.6
30.	9.	720.0	1430.0	1075.0	1430.0	829.7
31.	10.	486.0	1525.0	1005.5	1525.0	941.0
33.	12.	680.0	1135.0	907,5	1135.0	545.4
34.	13.	743.0	1180.0	961.5	1180.0	415.9
36.	15.	1012.0	1270.0	1141.0	1237.5	1068.4
37.	16.	863.0	1195.0	1029.0	1388.3	1102.7
38.	17.	600.0	1635.0	1117.5	1457.5	545.4
39.	18.	660.0	1430.0	1045.0	1393.3	587.3
40.	19.	685.0	1420.0	1052.5	1465.0	423.5
41.	20.	600.0	1200.0	900.0	1173.3	440.0
45.	24.	600.0	1145.0	872.5	1516.6	718.0
46.	25.	432.0	950.0	691.0	1220.0	706.5
47.	26.	572.0	1500.0	1036.0	1571.6	638.9
48.	27.	350.0	1545.0	947.5	1375.0	446.3
50.	29.	913.0	1620.0	1266.5	1631.6	768.2
51.	30.	820.0	1650.0	1235.0	1680.0	660.8
52.	31.	1030.0	1425.0	1227.5	1543,3	545.0
53.	32.	828.0	1275.0	1051.5	1465.0	562.4
54.	33.	475.0	1615.0	1045.0	1553.0	481.8
55.	34.	267.0	1470.0	868.5	1600.0	785.5

ANHANG Tab.A2: Regionale Schweißraten in g/h

	Regionale Schweißrate Kopf (1)	Regionale Schweißrate Stamm (2)	Regionale Schweißrate Arm (3)	Regionale Schweißrate Bein (4)
1	77.7	552.0	101.2	210.0
2	114.1	619.2	85.1	175.0
3	96.6	312.0	59.8	150.0
4	117.6	604.8	73.6	165.0
5	119.7	412.8	50.6	155.0
6	141.4	451.2	78.2	160.0
8	114.1	403.2	71.3	145.0
9	105.7	451.2	82.8	190.0
10	117.6	643.2	55.2	125.0
12	106.4	268.8	55.2	115.0
13	63.7	201.6	50.6	100.0
15	150.5	681.6	71.3	165.0
16	123.2	782.4	62.1	135.0
17	92,4	244.8	78.2	130.0
18	88.2	360.0	39.1	100.0
19	66.5	206.4	50.6	100.0
20	44.8	249.6	50.6	95.0
24	134.4	369.6	69.0	145.0
25	110.6	398.4	57.5	140.0
26	100.8	345.6	57.5	135.0
27	35.7	240.0	50.6	120.0
29	66.5	441.6	85.1	175.0
30	88.9	374.4	57.5	140.0
31	61.6	283.2	55.2	145.0
32	56.7	244.8	75.9	185.0
33	47.6	264.0	55.2	115.0
34	56.7	465.6	78.2	185.0

ANHANG Tab.A3: Summen der regionalen Schweißraten und integrale Schweißmenge

Bedingung	Akkl. Tag	Spalte (1)u.(2) aus Tabelle 2 Schweißraten Kopf u. Stamm (5)	Spalte (3)u.(4) aus Tabelle 2 Schweißraten Extremitäten (6)	Integrale Schweißmenge aus (5) u.(6) (7)
3	1	629.7	311.2	940.9
	2	733.3	260.1	993.4
	3	408.6	209.8	618.4
	4	722.4	238.6	961.0
	5	532.5	205.6	738.1
	6	592.6	238.2	830.8
	8	517.3	216.3	733.6
	9	556.9	272.8	829.7
	10	760.8	180.2	941.0
	12	375.2	170.2	545.4
	13	265.3	150.6	415.9
4	15	832.1	236.3	1068.4
	16	905.6	197.1	1102.7
	17	337.2	208.2	545.4
	18	448.2	139.1	587.3
	19	272.9	150.6	423.5
	20	294.4	145.6	440.0
	24	504.0	214.0	718.0
	25	509.0	197.5	706.5
	26	446.4	192.5	638.9
	27	275.7	170.6	446.3
	29	508.1	260.1	768.2
	30	463.3	197.5	660.8
	31	344.8	200.2	545.0
	32	301.5	260.9	562.4
	33	311.6	170.2	481.8
	34	522.3	263.2	785.5

ANHANG Tab. A4: Entwicklung der Prozentanteile der Körperregionen an der Schweißproduktion

Bedingung	Akkl. Tag	Proz. Anteil des Kopfes an der Schweißmenge (1)	Proz. Anteil des Stamms an der Schweißmenge (2)	Proz. Anteil des Arms an der Schweißmenge (3)	Proz. Anteil der Beine an der Schweißmenge (4)	Proz. Schweißmenge Kopf u. Stamm (5)	Proz. Anteil der Extremitäten an der Schweißmenge (6)
3	1.	8.2581	58.6672	10.7557	22.3191	66.9253	33.0747
	2.	11.4858	62.3314	8.5665	17.6163	73.8172	26.1828
	3.	15.6210	50.4528	9.6701	24.2561	66.0737	33.9263
	4.	12.2373	62.9344	7.6587	17.1696	75.1717	24.8283
	5.	16.2173	55.9274	6.8554	20.9999	72.1447	27.8553
	6.	17.0197	54.3091	9.4126	19.2585	71.3288	28.6712
	8.	15.5534	54.9618	9.7192	19.7655	70.5153	29.4847
	9.	12.7395	54.3811	9.9795	22.8998	67.1206	32.8794
	10.	12.4973	68.3528	5.8661	13.2837	80.8502	19.1498
	12.	19.5086	49.2849	10.1210	21.0854	68.7935	31.2065
	13.	15.3162	48.4732	12.1664	24.0442	63.7894	36.2106
4	15.	14.0865	63.7963	6.6735	15.4437	77.8828	22.1172
	16.	11.1726	70.9531	5.6316	12.2427	82.1257	17.8743
	17.	16.9417	44.8845	14.3381	23.8357	61.8262	38.1738
	18.	15.0179	61.2975	6.6576	17.0271	76.3153	23.6847
	19.	15.7025	48.7367	11.9481	23.6128	64.4392	35.5608
	20.	10.1818	56.7273	11.5000	21.5909	66.9091	33.0909
	24.	18.7187	51.4763	9.6100	20.1950	70.1950	29.8050
	25.	15.6546	56.3907	8.1387	19.8160	72.0453	27.9547
	26.	15.7771	54.0930	8.9998	21.1301	69.8701	30.1299
	27.	7.9991	53.7755	11.3377	26.8877	61.7746	38.2254
	29.	8.6566	57.4850	11.0778	22.7805	66.1416	33.8584
	30.	13.4534	56.6586	8.7016	21.1864	70.1120	29.8880
	31.	11.3028	51.9633	10.1284	26.6055	63.2661	36.7339
	32.	10.0818	43.5277	13.4957	32.8947	53.6095	46.3905
	33.	9.8796	54.7945	11.4570	23.8688	64.6741	35.3259
	34.	7.2183	59.2743	9.9554	23.5519	66.4927	33.5073

ANHANG Tab. A5: Entwicklung der regionalen Schweißraten bei verschiedenen Belastungsbedingungen vor und nach erfolgter Akklimatisation

Bedingung			Kopf (1)	Stamm (2)	Arm (3)	Bein (4)	Kopf/Stamm (1) + (2)	Arm/Bein (3) +(4)	Gesamt (JS) (1)+(2)+(3)+(4)
1	A	v	83,9	249,6	43,7	125,1	333,6	168,7	502,3
		n	10,4	96,0	32,1	70,0	106,5	102,2	208,7
		D1	- 87,6%	- 61,5%	- 26,5%	- 44,0%	- 68,1%	- 39,4%	- 58,5%
	B	v	16,7%	49,7%	8,7%	24,9%	66,4%	33,6%	100 %
		n	5,0%	46,0%	15,4%	33,5%	51,0%	49,0%	100 %
		D2	- 11,7%	- 3,7%	+ 6.7%	+ 8,6%	- 15,4%	+ 15,4%	---
2	A	v	70,7	677,6	135,5	274,6	747,8	410,7	1158,5
		n	86,4	253,9	60,0	139,9	341,2	199,0	540,2
		D1	+ 22,2%	- 62,5%	- 55,7%	- 49,1%	- 54,4%	- 51,5%	- 53,4%
	B	v	6,1%	58,5%	11,7%	23,7%	64,5%	35,5%	100 %
		n	16,0%	47,0%	11,1%	25,9%	63,2%	36,8%	100 %
		D2	+ 9,9%	- 11,5%	- 0,6%	+ 2,2%	- 1,3%	+ 1,3%	---
3	A	v	77,7	552,0	101,2	210,0	629,7	311,2	940,9
		n	63,7	201,6	50,6	100,0	265,3	150,6	415,9
		D1	- 18,0%	- 63,5%	- 50,0%	- 52,4%	- 57,9%	- 51,6%	- 55,8%
	B	v	8,3%	58,7%	10,8%	22,3%	67,0%	33,0%	100 %
		n	15,3%	48,5%	12,2%	24,0%	63,8%	36,2%	100 %
		D2	+ 7,0%	- 10,2%	+ 1,4%	+ 1,7%	- 3,2%	+ 3,2%	---
4	A	v	150,5	681,6	71,3	165,0	832,1	236,3	1068,4
		n	56,7	465,6	78,2	185,0	522,3	263,2	785,5
		D1	- 62,3%	- 31,7%	+ 9,7%	+ 12,1%	- 37,2%	+ 11,4%	- 26,5%
	B	v	14,1%	63,8%	6,7%	15,4%	77,9%	22,1%	100 %
		n	7,2%	59,3%	10,0%	23,6%	66,5%	33,5%	100 %
		D2	- 6,9%	- 4,5%	+ 3,3%	+ 8,2%	- 11,4%	+ 11,4%	---

v = vor erfolgter Akklimatisation
n = nach erfolgter Akklimatisation
D1 = Veränderung der Schweißraten (in %)

A = Schweißraten in g/h
B = prozentuale Anteile an Integraler Schweißmenge
D2 = Verschiebung der Regionalanteile (in %)

Anhang Tab.A6: VP H.W. 1972 Schweißmengen (ml/h)

Tag	1. Arbeit	2. Arbeit	3. Arbeit	4. Arbeit	5. Arbeit	Ruhe nach letzter Arbeit	
1	490	453					
2	422	470	445			327	
3	310	492	407	394		470	
4	420	414	420	380		334	
5	421	407	484	394		518	
6	400	393	590	517	305	445	
	-	-	-	-	-	-	So
8	310	620	485	322	420	437	
9	437	500	500	600	394	421	
10	508	508	478	600	610	300	
11	632	517	387	725	492	305	
12	429	485	500	428	476	204	
13	518	700	800	509	589	445	
	-	-	-	-	-	-	So
15	517	620	554	700	575	305	
16	736	870	677	775	590 *	316	
17	736	700	600	393	567	327	
18	655	773	773	830	700 *	428	
19	717	875	688	725	706	420	
20	873	1020	970	950	1035 *	300	
21	750	1035	900	737	555	334	
22	1000	1065	1000	930	712 *	327	
23	765	1020	775	655	406	207	
24	1035	1020	955	983	1080 *	334	
25	896	980	620	610	701	327	
26	1090	1180	1065	1120	1035 *	200	
27	815	932	843	643	655	218	
28	983	1130	1240	1050	900 *	316	
29	965	916	900	620	518	436	
30	982	1240	1240	1120	1160 *	321	
31	1070	1100	830	510	510	310	
32	932	1370	1310	1345	1160 *	316	

Versuchsdaten: VP H.W. männl. 25 J., 177 cm, 70 kg. Klima 36,2/31,2 °C.
Arbeit 5 × 50 min bei 8 mkp/s. Ruhe nach letzter Arbeit: 55 min

An den mit * bezeichneten Tagen wurde die Vp nach jeder Wägung abgetrocknet.

Anhang Tab.A7: VP H.M. 1972 Schweißmengen (ml/h)

Tag	1. Arbeit	2. Arbeit	3. Arbeit	4. Arbeit	Ruhe nach letzter Arbeit	
3	644	1152	965	800	1050	
4	856	830	984	690	1083	
5	830	890	775	915	733	
6	920	980	982	833	-	Sa
	-	-	-	-	-	So
8	750	965	1105	1000	1114	
9	1030	1018	945	1180	979	
10	1050	930	1190	1150	1090	
11	953	1210	1070	1190	954	
12	1111	1122	1105	1180	928	
13	1282	1000	1105	1130	-	Sa
	-	-	-	-	-	So
15	1105	1111	1178	1305	1105	
16	1090	1070	1154	1033	686	
17	1086	1232	880	1380	675	
18	1020	1050	1030	1170	769	
19	1030	1160	1000	1300	789	
20	1080	1000	1090	1220	-	Sa
	-	-	-	-	-	So
22	1000	968	1095	1265	730	
23	1250	1170	1420	1410	1216 *	
24	1240	1170	1290	1475	1026 *	
	-	-	-	-	- *	
26	1170	1031	1031	1150	660	
27	1018	1160	983	1270	-	Sa
	-	-	-	-	-	So
29	1110	1070	1030	1230	866	
30	1050	1165	1178	1305	467	
31	1150	1140	1170	1430	800	
32	1100	1330	1140	1230	886	
33	1050	1332	1068	1126	750	
34	950	1110	1015	1120	571	

(Sa = Samstag ohne Ruhemessung, So = Sonntag ohne Versuch
* = Salzmangelsyndrom, schwere Hitzekrämpfe, 25. Tag arbeitsunfähig)

Versuchsdaten: VP H.M. männl. 24 J., 172 cm, 68 kg.
34 Tage Daueraufenthalt in Klimakammer Arbeit ab 10.00 Uhr
Klima 7.00 bis 19.00 Uhr: 44,9/26,0 °C 4 × 45 min 10 mkp/s
19.00 bis 7.00: 32°C ohne Feuchteregelung. danach 40-45 min Ruhe.

LEBENSLAUF

Am 1. August 1937 wurde ich, Seyed Schamseddin Mussawian, als Sohn des Ingenieurs Seyed Mohammed Ali Mussawian und seiner Frau Fatemeh, geb. Alwand-Kuhi, in Abadan (Iran) geboren.

Meine gesamte Schulzeit (sechs Jahre Volksschule und sechs Jahre Gymnasium) verbrachte ich in Abadan, wo ich im Mai 1957 das Abitur ablegte. Im November 1958 kam ich nach Deutschland und absolvierte einen Sprachkurs am Goethe-Institut Blaubeuren.

Im Sommersemester 1959 nahm ich das Studium der Humanmedizin an der Universität Tübingen auf.

Das Vorphysikum bestand ich dort am 13. 10. 1960, das Physikum am 19. 2. 1963 und schließlich das medizinische Staatsexamen am 26. 8. 1969. Meine Medizinalassistentenzeit verbrachte ich am Krankenhaus St. Laurentius-Stift in Waltrop/Westfalen, am Tropenmedizinischen Institut der Universität Tübingen sowie am Kreiskrankenhaus Blaubeuren.

Am 14. 3. 1971 erhielt ich die Approbation als Arzt. Am Kreiskrankenhaus Reutlingen bildete ich mich zum Facharzt für Chirurgie weiter und erhielt die Anerkennung am 27. 4. 1976.

Anschließend erlangte ich im Oktober 1978 am Kreiskrankenhaus Göppingen (Klinik am Eichert), wo ich bis heute tätig bin, die Teilgebietsbezeichnung als Unfallchirurg.